

ENCYKLOPÆDIE DER NATURWISSENSCHAFTEN

HERAUSGEgeben

von

PROF. DR. G. JÄGER, PROF. DR. A. KENNGOTT,
PROF. DR. LADENBURG, PROF. DR. VON OPPOLZER,
PROF. DR. SCHENK, GEH. SCHULRATH DR. SCHLÖMILCH,
PROF. DR. G. C. WITTSTEIN, PROF. DR. VON ZECH.

ERSTE ABTHEILUNG, 14. LIEFERUNG

ENTHÄLT:

HANDBUCH DER BOTANIK

FÜNFTE LIEFERUNG.



BRESLAU,
VERLAG VON EDUARD TREWENDT.
1880.

herablaufende Wunde die Blitzbahn selbst sei, weil der elektrische Strom beim Durchschlagen schlechter Leiter sich zusammenzuziehen pflegt, auch die Beschaffenheit der Wunden dafür spricht, dass sie vom Blitz direkt verursacht sind, und weil vielfach die Cambiumschicht nicht in ihrer Totalität verletzt wird.

Eine Entzündung oder Verkohlung durch den Blitz kommt nur bei solchen Bäumen vor, an denen todes, trockenes Holz vorhanden ist.

Die Folgen des Blitzschlages sind nicht nothwendig tödtliche. Wo die Krone und der Stamm erhalten und die Verwundung des Cambiums auf einen schmalen Streifen beschränkt ist, ist die Lebensfähigkeit des Baumes nicht vernichtet. Zahlreiche Fälle sind bekannt, wo vom Blitze getroffene Bäume mit dem Leben davongekommen sind. Der Wundstreifen am Stämme wird dann von beiden Rändern her überwallt. Dass Bäume, die vom Blitze irgend stärker zerschmettert oder ihrer Rinde ringsum entkleidet sind, eingehen, ist selbstverständlich.

Nach den von DANIEL COLLADON (l. c.) gesammelten Notizen haben Blitzschläge in Weinberge, Wiesen und Aecker für die Pflanzen keine tödtliche Wirkung. In den Weinbergen bilde sich eine weithin erkennbare kreisrunde Stelle, auf welcher die Weinstöcke nur ziegelrothe Flecken auf den Blättern zeigen und in deren Mitte aufgewühlte Erde und umgeworfene Pfähle die Wirkung des Blitzes erkennen lassen. In Wiesen und Aeckern sind nur einzelne, besonders die am höchsten vorragenden Pflanzenteile getötet, zerrissen und vertrocknet, die niederen Pflanzen aber, abgesehen von aufgewühlten Bodenstellen, an denen der Rasen emporgehoben sein kann, unversehrt.

3. Abschnitt.

Krankheiten, welche durch andere Pflanzen hervorgebracht werden.

Parasitische Pilze.

Im Reiche der Pilze giebt es eine sehr grosse Anzahl Arten, welche Schmarotzer, Parasiten sind, d. h. auf lebenden Körpern anderer Organismen wachsen und zu ihrer Entwicklung nothwendig dieses lebenden Bodens bedürfen, weil sie die erforderliche Nahrung aus den Bestandtheilen des befallenen Körpers nehmen müssen. Man nennt daher die von einem Schmarotzer befallene Pflanze dessen Wirth oder Nährpflanze. Wir finden nun fast bei allen pflanzenbewohnenden Schmarotzerpilzen, dass durch die Ansiedelung, durch die Ernährung und die Entwicklung des Parasiten, die auf Kosten der Nährpflanze stattfinden, Störungen der Lebensprozesse verschiedener Art an der letzteren hervorgebracht werden, die meistens den Charakter ausgeprägter Krankheiten haben. Ueber die ursächliche Beziehung der Schmarotzerpilze zu diesen Krankheiten besteht im Grossen und Ganzen heutzutage kein Zweifel mehr. Dass man früher, wo Niemand wusste, dass die in Rede stehenden krankhaften Bildungen Pilze sind oder solche enthalten, nach anderen Ursachen suchte, ist selbstverständlich. Aber auch nachdem PERSOON in seiner 1801 erschienenen *Synopsis Fungorum* viele dieser Krankheiten, besonders die Brand- und Rostbildungen, zum ersten



90725 | I - 5

Inhalt der vierzehnten Lieferung.

Fortsetzung des Handbuchs der Botanik. Enthaltend: »Die Morphologie der Phanerogamen« von Prof. Dr. O. DRUDE. (Schluss.) (Seite 615—750.)

Das Recht der Uebersetzung bleibt vorbehalten.

ZBIORY SLASKI

Ms. K. 389 | K. 51.

Male als Pilze bezeichnet hatte, wurde jene Beziehung nicht sobald erkannt. Die mangelhafte Kenntniss der Entwicklung dieser Pilze verleitete zu der Ansicht, dass dem Auftreten derselben schon eine krankhafte Veränderung vorausgegangen sein müsse, und dass die abnorme Bildungstätigkeit der Pflanze endlich in diese Pilzgebilde gleichsam ausarte, die letzteren durch Urzeugung aus der veränderten Pflanzensubstanz hervorgehen, also weit weniger die Ursache als die Folge oder das Symptom der Krankheit seien. Die 1833 erschienene Schrift UNGER's »Die Exantheme der Pflanzen« vertritt auf das bestimmteste diese Anschauung; auch MEVEN's Pflanzenpathologie (1841) ist noch in derselben befangen. Erst ungefähr seit Anfang der 50er Jahre ist besonders durch die Arbeiten TULASNE's, DE BARY's und KÜHN's der Beweis vielfältig erbracht worden, dass diese Pilze gleich anderen Pflanzen durch Keime sich fortpflanzen, nur aus diesen sich von neuem bilden und erst durch ihre Entstehung und Entwicklung die krankhaften Veränderungen an ihrer Nährpflanze hervorbringen. Die unzweifelhafteste Beweisführung beruht in dem Gelingen des künstlichen Infectionssver- suches; es werden die Keime (Sporen) des parasitischen Pilzes auf eine gesunde Pflanze gebracht, und wenn dieselben hier zu einem neuen Pilz sich entwickeln, und dadurch zugleich die charakteristische Krankheit an der Pflanze hervorgebracht wird, während andere unter sonst gleichen Verhältnissen gehaltene, gleich- entwickelte Individuen derselben Pflanzenart Pilz und Krankheit nicht zeigen, so ist in streng exakter Weise die Infectionskraft des Pilzes bewiesen. Für viele pilzliche Infectionskrankheiten der Pflanzen besitzen wir solche Beweise, für zahlreiche andere freilich noch nicht; doch darf für diese letzteren das gleiche Verhältniss angenommen werden, wenn folgende Umstände gegeben sind, die uns als Wahrscheinlichkeitsgründe einstweilen genügen können. Jede von einem Parasiten erzeugte Krankheit ist ausnahmslos von demselben begleitet. Das erste Auftreten des Pilzes geht den pathologischen Veränderungen voraus; insbesondere wenn die Krankheit an einem Pflanzenteile allmählich sich ausbreitet, ist der Pilz bereits in den an der Grenze liegenden noch nicht erkrankten Partien vorhanden. Wir werden also mit Hülfe dieser Kriterien uns vor dem schon in der Einleitung (S. 332) angedeuteten Irrthume schützen, die nur als Saprophyten an bereits abgestorbenen Pflanzenteilen sich ansiedelnden Pilze als Veranlasser von Krankheiten zu betrachten.

Da die Pilze in der Encyklopädie ihre besondere Bearbeitung finden, so muss hier alles das, was sich auf die allgemeine Morphologie und Biologie der Schmarotzerpilze bezieht, als bekannt vorausgesetzt werden und kann nur insoweit zur Sprache kommen, als es in direkter Beziehung steht zu den pathologischen Einwirkungen, welche durch diese Organismen hervorgerufen werden. Dagegen wären die einzelnen Pilzformen, soweit sie als Ursache bestimmter Pflanzenkrankheiten erkannt sind, hier namhaft zu machen. Es interessirt daher in erster Linie zu wissen, wie die Hauptgruppen der Klasse der Pilze in dieser Beziehung sich verhalten. Eine vollständige Aufzählung aller bekannten pflanzenbewohnenden Schmarotzerpilze würde die hier gezogenen Grenzen weit überschreiten, hätte auch bei der grossen Uebereinstimmung der pathologischen Effecte, welche vielfach zahlreiche nahe verwandte Parasitenspecies zeigen, nur untergeordnetes Interesse für die Pathologie. Die an anderer Stelle dieses Werkes gegebene Darstellung der Pilze ist somit in mehreren Beziehungen als Ergänzung zu dem Nachstehenden zu betrachten.

Hinsichtlich der Art, wie die Schmarotzerpilze ihre Nährpflanze bewohnen,

sei erinnert an den Unterschied der Epiphyten, welche auf der freien Aussen- seite der Pflanzenorgane wachsen, und der Endophyten, bei denen das Ernährungs- organ (Mycelium) im Innern des Pflanzenteiles sich befindet, hier entweder nur zwischen den Zellen (intercellular), oder die Zellmembranen durchbohrend auch innerhalb der Zellen wachsend. Die Fortpflanzungsorgane der Schmarotzerpilze, d. h. die Organe, welche die Keime oder Sporen erzeugen, sind wegen der eigenthümlichen Beschaffenheit, die sie bei jedem Pilze haben, oft eines der Hauptsymptome der Krankheit, und die bei vielen Pilzen herrschende Pleomorphie dieser Organe und der dadurch bedingte Generationswechsel in der Entwicklung des Pilzes sind für die Pathologie der parasitären Krankheiten von hoher Wichtigkeit. Die Sporen der Schmarotzerpilze sind gemäss dem Gesagten die Elemente, aus denen sich dieselben immer von neuem erzeugen. Die in Rede stehenden Krankheiten sind daher ansteckender Natur, und die Sporen stellen das Contagium dar.

Eine Pflanze wird von einem Schmarotzerpilz entweder dadurch befallen, dass das in der Nachbarschaft schon vorhandene Mycelium auf oder in die Nährpflanze gelangt. So besonders bei Parasiten unterirdischer Organe, wo sich oft das Mycelium von Wurzel zu Wurzel verbreitet. Bei allen Schmarotzerpilzen aber, welche oberirdische Organe bewohnen, wird die Uebertragung fast immer durch die Sporen vermittelt. Letztere gelangen aber nur an die freie Oberfläche des Pflanzenteiles. Ein wirkliches Eindringen der Sporen selbst findet, auch bei Endophyten, nicht statt. Davon machen nur manche Schwärmsporen eine Ausnahme, welche direkt die Membran einer Epidermiszelle oder einer Alge durchbohren und in die Nährzelle einschlüpfen, um nun in derselben sich weiter zu entwickeln. Viele andere Schwärmsporen werden vor der Keimung zu ruhenden Sporen, sie bekommen eine Sporenhaut und verhalten sich dann allen übrigen mit fester Membran versehenen Sporen gleich. Bei diesen ist es immer der Keimschlauch, welcher vermöge seines Spitzenwachstums ins Innere der Nährpflanze eindringt. Hat der Pflanzenteil Spaltöffnungen, so nimmt jener oft seinen Weg durch diese natürlichen Poren und gelangt durch sie in die Intercellulargänge des inneren Gewebes, oder der Keimschlauch bohrt sich direkt durch eine Epidermiszelle ein. Hinsichtlich des Pflanzenteiles, den der Parasit ergreift, zeigen die einzelnen Arten dieser Pilze ein für jeden charakteristisches Verhalten. Selbstverständlich wird dadurch das Wesen der Krankheit mit bestimmt, so dass diese Verhältnisse von hervorragendem pathologischen Interesse sind. Der Parasit überschreitet entweder den Ort seines Eindringens nur wenig, er und somit auch die Erkrankung, die er bewirkt, bleiben auf eine kleine Stelle, auf ein einzelnes Organ beschränkt. Es kann dies eine Blüthe oder ein Blüthentheil, ein Flecken auf einem Blatte oder einem Stengel sein. Oder zweitens, der Pilz beginnt seine Entwicklung und Zerstörung zwar auch von einem gewissen Punkte aus, greift aber allmählich immer weiter um sich, so dass er endlich einen grösseren Theil der Pflanze einnimmt und krank macht. Oder drittens, der Parasit dringt zwar an einem bestimmten Punkte in die Nährpflanze ein, bewirkt aber daselbst keine krankhaften Veränderungen, verbreitet sich vielmehr mittelst seines Myceliums in der Pflanze weiter, um endlich in einem anderen, wiederum bestimmten Organe der Nährpflanze, welches sogar am weitesten von der Eintrittsstelle entfernt liegen kann, seine vollständige Entwicklung, insbesondere seine Fruchtbildung zu erreichen, und gewöhnlich ist es dann dieses Organ der Nährpflanze, welches allein zerstört wird, während der

übrige vom Pilze durchwucherte Theil nicht merklich erkrankt (z. B. Brandpilze).

Bemerkenswerth ist ferner der Umstand, dass im Allgemeinen jeder Schmarotzerpilz seine bestimmte Nährpflanze hat, auf welcher allein er gedeiht und in der Natur gefunden wird und für welche allein er somit gefährlich ist. Allerdings kommen viele Parasiten auf nahe verwandten Arten, manche auf allen Arten einer Gattung vor; auch können nahe verwandte Gattungen, von einer und derselben Parasitenspecies befallen werden, mit anderen Worten dieselbe Krankheit bekommen, besonders in solchen Familien, deren Gattungen eine grosse nahe Verwandtschaft haben, wie bei den Gräsern, Papilionaceen, Umbelliferen etc. Selten aber ist der Fall, dass ein Parasit Pflanzen aus verschiedenen natürlichen Familien befallen kann (z. B. manche Erysiphe-Arten).

Die Wirkung, welche die Schmarotzerpilze an ihren Nährpflanzen hervorbringen und die ebenfalls bei jedem Parasiten genau bestimmte sind, lassen sich unter folgende Gesichtspunkte bringen:

1. Der Pilz vernichtet die Lebensfähigkeit der Nährzellen nicht, bringt auch an ihnen keine merkliche Veränderung hervor, weder im Sinne einer Verzehrung gewisser Bestandtheile der Zelle, noch im Sinne einer Hypertrophie derselben. Die Zelle fährt auch in ihren normalen Lebensverrichtungen anscheinend ungestört fort, und der ganze Pflanzenteil zeigt nichts eigentlich Krankhaftes. Dieses ist der seltenste und ein nicht eigentlich der Pathologie angehöriger Fall, der z. B. bei einigen Chytridiaceen und Saprolegniaceen gefunden wird; er geht ohne Grenze in den nächsten über.

2. Die Nährzellen und der aus ihnen bestehende Pflanzenteil werden weder in ihrer ursprünglichen normalen Form noch in ihrem Bestande, soweit er sich auf das Scelett der Zellhäute bezieht, alterirt; aber der Inhalt der Zellen wird durch den Parasiten ausgesogen. Enthielten die Zellen Stärkekörner, so verschwinden dieselben; waren Chlorophyllkörner vorhanden, so zerfallen diese unter Entfärbung und lösen sich auf, nur gelbe fettartige Kügelchen zurücklassend, das Protoplasma vermindert sich oder schrumpft schnell zusammen, ein Zeichen dass diese aussaugende Wirkung das Protoplasma und damit die ganze Zelle tödtet. Letztere büsst daher zugleich ihren Turgor ein, sie fällt mehr oder weniger schlaff zusammen, verliert leicht ihr Wasser und wird trocken, wobei oft der Chemismus an den toten Zellen seine Wirkung äussert, indem der zusammengeschrumpfte Rest des Zellinhaltes, bisweilen auch die Zellmembranen sich bräunen. Diese Einwirkung, die am besten als Auszehrung bezeichnet werden kann, hat für den betroffenen Pflanzenteil eine Entfärbung, ein Gelbwerden, wenn er grün war, oft ein Braunwerden, ein Verwelken, Zusammenschrumpfen und Vertrocknen, oder faulige Zersetzung bei saftreichen Theilen oder in feuchter Umgebung zur Folge.

3. Der Pilz zerstört das Zellgewebe total, auch die festen Theile, die Zellmembranen desselben. Dies geschieht, indem die Pilzfäden in ausserordentlicher Menge die Zellmembranen in allen Richtungen durchbohren und sie dadurch zur Auflösung bringen, zugleich auch im Innern der Zellen in Menge sich einfinden, so dass schliesslich das üppig entwickelte Pilzgewebe an die Stelle des verschwundenen Gewebes der Nährpflanze tritt. Die Folge ist eine vollständige Zerstörung, ein Zerfall des ergriffenen Pflanzenteiles.

4. Der Parasit übt auf das von ihm befallene Zellgewebe eine Art Reiz, eine Anregung zu reichlicherer Nahrungszufuhr von den benachbarten Theilen

her und zu erhöhter Bildungstätigkeit aus, er bewirkt eine Hypertrophie (S. 436), das Umgekehrte der beiden vorigen Fälle. Die Pflanze leitet nach dem von dem Pilze bewohnten Theile soviel bildungsfähige Stoffe, dass nicht bloss der Parasit dadurch ernährt wird, sondern auch der Pflanzenteil eine für seine Existenz hinreichende, ja oft eine ungewöhnlich reichliche Ernährung erhält. Es tritt nämlich meist eine vermehrte Zellenbildung ein, der Pflanzenteil vergrössert sich, zuweilen in kolossalen Dimensionen und fast immer in eigenthümlichen, abnormen Gestalten, und die Gewebe solcher Theile sind oft ausserdem noch reichlich mit Stärkekörnern erfüllt. Mit dieser Vergrösserung des von ihm bewohnten Organes wächst und verbreitet sich auch der Pilz in ihm. Man nennt alle solche durch einen abnormen Wachstumsprozess entstehende locale Neubildungen an einem Pflanzenteile oder Umwandlungen eines solchen, in welchem der dieses verursachende Parasit lebt, Gallen oder Cecidien, und wir nennen daher die hier zu besprechenden mit Beziehung auf ihre Ursache Mycocecidien. Nach ihrer ursprünglichen Bedeutung würde die Bezeichnung Galle besonders da am Platze sein, wo die von dem Parasiten verursachte und bewohnte Bildung mehr wie ein scharf abgegrenztes besonderes Organ an einem Pflanzenteile auftritt. Allein die grosse Mannigfaltigkeit dieser Bildungen verbietet hier eine enge Grenze zu ziehen, wir müssen den Begriff Galle in der weitesten, durch die obige Definition bezeichneten Bedeutung nehmen. Jede wie nur immer beschaffene durch einen Schmarotzerpilz bedingte Neubildung, die sich im normalen Zustande nicht zeigt, verdient die Bezeichnung Mycoecidium. Selbstverständlich lässt sich hiernach keine feste Grenze zwischen Galle und Nichtgalle ziehen. Selbst folgende eigenthümliche Veränderung, welche manche Schmarotzerpilze an ihrer Nährpflanze hervorbringen, ist von den Gallen nicht auszuschliessen: die ganze Pflanze oder ein vollständig beblätterter Spross ist von dem Parasiten durchwuchert und wächst in einem anscheinend gesunden, aber mit ganz fremdartigen Merkmalen ausgestatteten Spross heran, die sich besonders in einer anderen Blattbildung und im Sterilbleiben aussprechen und wonach man die Pflanze für eine ganz andere Species halten könnte (z. B. die von *Accidium Euphorbiae* degenerirten Sprosse, die durch *Accidium elatinum* hervorgebrachten Hexenbesen der Weisstanne). Für die Nährpflanze bedeuten die Mycocecidien jedenfalls einen Verlust an werthvollen Nährstoffen, denn die Galle steht ganz im Dienste des Parasiten; endlich wird sie von diesem ausgezehrt und stirbt ab oder ihr Gewebe wird nach der unter 3. genannten Art vom Pilze wirklich zerstört, sobald dieser darin das Ende seiner Entwicklung erreicht. Sind aber durch die Gallenbildung Pflanzenteile ihrer normalen Function entzogen, so wird auch durch die Störung der letzteren Schaden gestiftet. So kann insbesondere wenn Blüthen oder Früchte zu Mycocecidien degeneriren, Unfruchtbarkeit die Folge sein.

Kapitel 1.

Die durch Chytridiaceen verursachten Krankheiten.

Die Parasiten einfachsten Baues, die wir gegenwärtig in der Ordnung der Chytridiaceen vereinigen, sind in pathologischer Beziehung zu unterscheiden in diejenigen, welche Wasserpflanzen, besonders Algen bewohnen (die Gattungen *Chytridium* und Verwandte), und in diejenigen, welche in Epidermiszellen phanero-

gamer Landpflanzen sich entwickeln (die Gattung *Synchytrium*.) Beide bringen verschiedene krankhafte Wirkungen hervor.

Die Chytridiaceen der ersten Kategorie veranlassen gewisse Krankheiten der Algen.¹⁾ Bei den zur Gattung *Chytridium* gehörigen Formen sehen wir, dass die einzellige Chytridie epiphyt auf der Algenzelle lebt, indem sie dieser entweder nur äusserlich ansitzt oder mit einem wurzelartigen Fortsatz durch die Membran in das Innere der Algenzelle eindringt. Diese Parasiten, die besonders auf Oedogonien, Spirogyren, *Zygnum*, Closterien etc. vorkommen und bisweilen in zahlreichen Individuen auf einer Zelle sitzen, bewirken in manchen Fällen eine kaum bemerkbare, in anderen eine sehr entschiedene Desorganisation des Inhaltes der Nährzelle, wobei dieser seine normale Anordnung verliert, zusammenschrumpft, mehr oder weniger missfarbig wird, was den Tod der Algenzelle zur Folge hat. Diejenigen Chytridien, welche die Gattungen *Olpidium*, *Olpidiopsis*, *Rozella*, *Rhizidium* ausmachen, sind endophyt, sie entwickeln sich im Protoplasma der Nährzelle, aus welcher sie nur mit einem röhrenförmigen Fortsatz hervorragen, durch welchen die Zoosporen ausschlüpfen. Bei diesen ist die krankhafte Wirkung von zweierlei Art. Die einen desorganisieren und tödten den Inhalt der von ihr befallenen Nährzelle in der vorhin angedeuteten Weise, entweder gänzlich oder bei grossen Nährzellen, wie das *Olpidium (Chytridium) rhizinum* SCHENK in *Vaucheria*-Zellen, nur den vom Parasiten eingenommenen Theil des Protoplasma, von dem sich dann der gesunde Theil oft durch eine Scheidewand abgrenzt. Die anderen bewirken eine Hypertrophie der Nährzelle, die einfachste Form eines Mycocecidioms; so z. B. *Olpidium sphacelarum*, KNV²⁾ in der Scheitelzelle von *Cladostephus*- und *Sphacelaria*-Arten, die in Folge dessen sich keulenförmig verlängert, *Olpidium tumefaciens*, MAGNUS³⁾ in angeschwollenen Wurzelhaaren und anderen Zellen von *Ceramium*-Arten, sowie die von CORNU⁴⁾ kennen gelehrt Formen von *Olpidiopsis*, *Rozella* und *Woroninia* in kolbigen oder bauchigen Anschwellungen der Schläuche von Saprolegniaceen. Bei allen diesen Parasiten geschieht die Infection durch die Zoosporen, welche von der erwachsenen Chytridie erzeugt werden und sich sogleich wieder auf Algenzellen festsetzen, bei den endophyten Arten durch die Membran in das Innere der Nährzelle eindringen.

Die Arten der Gattung *Synchytrium* sind Parasiten in Epidermiszellen oberirdischer Theile, besonders der Stengel und Blätter sehr verschiedenartiger Phanerogamen. Die von dem Parasiten bewohnte Epidermiszelle vergrössert sich um das Vielfache ihrer normalen Grösse, und oft vermehren und vergrössern sich auch die Nachbarzellen der Epidermis und des subepidermalen Gewebes und überwuchern jene, so dass sehr kleine Gallen in Form gelber oder dunkelrother Wärzchen oder Knötchen entstehen. Für das Leben des Pflanzenteiles sind dieselben nicht merklich nachtheilig, und nur wo sie in sehr grosser Menge nahe beisammen sich bilden, werden sie auffallender und können ein Blatt in seiner normalen Formbildung hemmen.

¹⁾ Ueber diese Parasiten schrieben hauptsächlich: A. BRAUN, Abhandlgn. d. Berliner Akad. 1855, pag. 28 ff. und Monatsber. d. Berliner Akad. 1856, sowie SCHENK, Verhandl. d. phys.-medic. Gesellsch. zu Würzburg 1857. VIII. — Ausserdem vergleiche man noch NOWAKOWSKI, Beitr. z. Kenntniss d. Chytridiaceen in COHN's Beitr., z. Biol. d. Pfl. II.

²⁾ Sitzungsber. d. Gesellsch. naturf. Freunde zu Berlin, 21. Nov. 1871.

³⁾ Sitzungsber. d. Gesellsch. naturf. Freunde zu Berlin, 1872.

⁴⁾ Ann. des sc. nat. 5. sér. T. XV. 1872.

Die Entwicklung der Synchytrien bei denen zwei Generationen gebildet werden und die mittels Dauersporen überwintern, ist in dem von den »Pilzen« handelnden Theil der Encyklopädie beschrieben.¹⁾ Da die Fortpflanzung nur durch Schwärmsporen, also durch im Wasser lebende Keime erfolgt, so findet die Übertragung dieser Pilze auf die Nährpflanze nur durch Vermittelung des Wassers statt. Daher verbreiten sich dieselben nicht so weit, wie diejenigen, deren Sporen durch die Luft verweht werden; ihr Auftreten ist immer nur auf jeweils nahe beisammen stehende Individuen beschränkt und folgt der Verbreitung des Wassers auf dem Boden. SCHRÖTER (l. c.) führt mehrere dies bestätigende Beobachtungen an. Die Gallenbildungen, welche die einzelnen Synchytrien hervorrufen, scheinen für die Species derselben charakteristisch zu sein, doch dürfte auch die Verschiedenheit der Nährpflanze hierauf von Einfluss sein. Bei der Mehrzahl der Synchytrien, z. B. dem auf vielen Pflanzen verbreiteten *Synchytrium aureum* SCHRÖT., ist das Protoplasma durch Oeltröpfchen gelbroth gefärbt, daher die Gallen meist goldgelbe Farbe haben. Bei anderen, wie z. B. *S. Anemones* WORON. auf *Anemone nemorosa*, ist es farblos, aber der Zellsaft der Gallenzellen enthält einen dunkelvioletten Farbstoff, so dass die Gallen als fast schwarze Wärzchen erscheinen. Specielleres ist bei SCHRÖTER (l. c.) zu finden.

Kapitel 2.

Die durch Saprolegniaceen verursachten Krankheiten.

Unter den Saprolegniaceen gibt es einige pflanzenbewohnende Parasiten, welche mit ihren Schläuchen im Inneren der Zellen wachsen, die Zellmembranen durchbohren und von einer Zelle zur andern dringen, wol auch an der Oberfläche des Pflanzenteiles hervortreten können. Auch diese Pilze (vergl. die Abhandlung Pilze) pflanzen sich durch Zoosporen fort, und da diese nur im Wasser sich entwickeln, so geschieht auch hier die Infection gesunder Pflanzen mit dem Parasiten durch Vermittelung des Wassers oder des feuchten Bodens. Von manchen ist auch die Bildung geschlechtlich erzeugter Oosporen bekannt, welche Dauersporen sind. Diese Parasiten bewohnen theils verschiedene Algen, theils den Thallus von Lebermoosen, theils Vorkeime von Gefässkryptogamen, theils endlich Stengel von Phanerogamen. Kaum eine pathologische Veränderung bringt in *Pellia epiphylla* ein Parasit hervor, den ich *Saprolegnia Schachtii* nenne.²⁾ In dem dicksten mittleren Theile des Thallus, an welchem unterseits die Wurzelhaare stehen, wuchern die sehr ungleich dicken, scheidewandlosen, reich verzweigten Fäden, in Menge aus den Wurzelhaaren in den Thallus eindringend, weite Strecken in demselben, vorwiegend in der Richtung gegen die Spitze des Thallus hin wachsend, auch aus den Wurzelhaaren wieder austretend und nach anderen Individuen sich verbreitend und gewöhnlich den ganzen Moosrasen infizierend. An diesem ist äusserlich nichts Krankhaftes zu erkennen, man würde keinen Pilz in ihm vermuten. Im Gewebe sieht man keine Wirkung weiter, als dass die Stärkekörper der befallenen Zellen aufgelöst, etwa vorhandene Chlorophyllkörper stärkelos, übrigens intact sind. Die übrigen Arten haben an ihren Nährpflanzen deutlich krankhafte Störungen zur Folge, die sich als auszehrende und allmählich tödende

¹⁾ Die Originalarbeiten auf diesem Gebiete sind: DE BARY und WORONIN in Berichte der naturf. Gesellsch. zu Freiburg 1863. III., Heft 2., und SCHRÖTER, in COHN's Beitr. z. Biol. der Pfl., I., pag. 1 ff.

²⁾ In der von SCHACHT (Anatomie und Physiologie d. Gew. I. Taf. III. Fig. 8.) gegebenen Abbildung eines Durchschnittes durch einen *Pellia*-Thallus ist ein Pilzschlauch sichtbar, welcher unzweifelhaft obigem Parasiten angehört.

Wirkungen darstellen. Der Zellinhalt wird desorganisiert, die Zellmembran verliert ihren Turgor, die Pflanzenteile werden daher missfarbig, welken und sterben ab. So bei den vorzüglich in Spirogyren, Cladophoren und anderen Chlorophyllalgen lebenden Formen von *Pythium*¹⁾, *Lagenidium*¹⁾, *Aphanomyces*²⁾, *Achlyogeton*³⁾, *Saprolegnia de Baryi*, WALZ⁴⁾ und *Ancylistes Closterii*⁵⁾, ferner bei *Pythium Equiseti*, SADEB. in Vorkeimen von *Equisetum*⁶⁾ und *Pythium circumdans*, LOHDE⁷⁾ in Farnprothallien, endlich bei *Pythium de Baryanum*, HESSE⁸⁾, welches Keimpflanzen verschiedener Phanerogamen, wie *Camelina*, *Trifolium repens*, *Spergula arvensis*, *Panicum miliaceum* und *Zea Mais* befällt.

Kapitel 3.

Die durch Peronosporeen verursachten Krankheiten.

Sämmtliche Peronosporeen sind pflanzenbewohnende Parasiten, ihre Wirthe phanerogame Landpflanzen aus den verschiedensten Familien. Alle haben ein endophytes, einzelliges, schlauchförmiges und verzweigtes Mycelium, welches intercellular wächst, jedoch bei manchen Arten Haustorien ins Innere der Zellen treibt. Alle entwickeln an der Oberfläche des befallenen Pflanzenteiles Fortpflanzungsorgane, die zur Verbreitung durch die Luft dienen: sich abschnürende, einzellige, nahezu kugelige, farblose oder blassgefärbte Conidien, welche bei der Keimung einen Keimschlauch treiben oder sich als Sporangien verhalten, indem sie Zoosporen bilden. Ausserdem besitzen die meisten Geschlechtsorgane, von denen Oosporen erzeugt werden. Diese bilden sich am Mycelium im Innern der befallenen Pflanzenteile und fungiren als Dauersporen: nach Ablauf des Winters aus den verwesten Pflanzenresten, in denen sie enthalten waren, freigeworden, keimen sie unter Bildung von Schwärmsporen. Sowol die aus den Conidien, als auch die aus den Oosporen stammenden Schwärmer verwandeln sich unter Ausscheidung einer Zellmembran in ruhende Sporen, welche mittelst Keimschlauchs keimen, der in die Nährpflanze eindringen und dadurch die Infektion mit dem Pilze bewirken kann. Ueber Specielleres der Morphologie der Peronosporeen belehrt der auf die Pilze bezügliche Theil der Encyklopädie.

Alle Peronosporeen verursachen ausgeprägte Krankheiten. Denn sie sind sämmtlich von sehr intensiver Wirkung auf die Nährpflanze, indem sie die Gewebe rasch tödten; der Inhalt der Zellen wird desorganisiert, die Membranen verlieren ihren Turgor, der Pflanzenteil wird missfarbig, welk und verdribt, oft unter Fäulnisserscheinungen. In denjenigen Pflanzenteilen, in denen der Pilz die

¹⁾ Vergl. SCHENK, in Verhandl. d. phys. medic. Gesellsch. Würzburg, 14. Nov. 1857, pag. 12 ff, und PRINGSHEIM in Pringsheim's Jahrb. f. wiss. Bot. I., pag. 289.

²⁾ Vergl. DE BARY in Pringsheim's Jahrb. f. wiss. Bot. II. pag. 179.

³⁾ SCHENK, in Bot. Zeitg. 1859, pag. 398.

⁴⁾ Bot. Zeitg. 1870, pag. 537.

⁵⁾ PFITZER in Monatsber. d. Berliner Akad. Mai 1872.

⁶⁾ Sitzungsber. d. bot. Ver. d. Prov. Brandenburg, 28. Aug. 1874, und COHN's Beitr. z. Biologie d. Pfl. I., Heft 3, pag. 117 ff.

⁷⁾ Verhandl. d. bot. Sect. d. 47. Vers. deutsch. Naturforscher u. Aerzte zu Breslau 1874, vergl. Bot. Zeitg. 1875, pag. 92.

⁸⁾ *Pythium de Baryanum*, ein endophytischer Schmarotzer. Halle 1874.

Oosporen erzeugt, bewirkt er bisweilen zunächst eine Hypertrophie: Grössenzunahme und Gestaltveränderung der Theile; die so missgebildeten Organe sind ihren normalen Functionen entzogen und sterben nach Reifung der Oosporen.

I. Die Kartoffelkrankheit oder Kartoffelfäule. Die wichtigste Peronospore ist *Phytophthora infestans* DE BY (*Peronospora infestans*, CASP.), welche die eben genannte Krankheit verursacht. Letztere ergreift sowol das Kraut als auch die Knollen der Kartoffelpflanze. In beiden Fällen ist es derselbe Pilz, welcher als Parasit im Gewebe und als Ursache der Erkrankung ausnahmslos gefunden wird. Die Krankheit tritt zuerst in der Form der Blattkrankheit, Krautverderbniss oder des Schwarzwerdens des Krautes auf. Ungefähr vom Ende Juni an zeigen sich, zunächst an einzelnen Stücken braune Flecken auf den Blättern, die an Umfang zunehmen. Der gebräunte Theil welkt und schrumpft zusammen; er ist total abgestorben. Die Häufigkeit der Flecken und die Grösse der vorhandenen nimmt immer mehr zu; auch an Blattstielen und am Stengel zeigen sie sich; schneller oder langsamer wird das Kraut schwarzbraun und stirbt ab; bei trockenem Wetter vertrocknet es, bei feuchtem beginnt es unter widerlichem Geruch zu faulen. Oft ist das ganze Kraut eines Ackers lange vor der Ernte abgestorben und schwarz. In der ganzen nächsten Umgebung jedes gebräunten Fleckens findet sich das aus einzelligen, stellenweise verzweigten, 0,003—0,0045 Millim. dicken Schläuchen bestehende Mycelium der *Phytophthora* zwischen den Mesophyllzellen. Es wächst in centrifugaler Richtung in die gesunden Partien weiter, und man überzeugt sich, dass seiner Anwesenheit erst die Erkrankung der von ihm berührten Zellen nachfolgt. In den schon völlig getöteten Partien ist es ebenfalls abgestorben, da es als Parasit nur im lebendigen Gewebe seine Ernährungsbedingungen findet. In dieser noch lebendigen Zone rings um den kranken Flecken bildet der Pilz auch seine Conidienträger: eine weissliche schimmelartige Zone, welche das unbewaffnete Auge rings um die braunen Stellen erkennt, zeigt das Vorhandensein dieser Organe an. Die Conidienträger treten aus den Spaltöffnungen und an Stellen, wo dergleichen nicht vorhanden sind, auch unmittelbar durch die Epidermis hervor, einzeln oder in Büscheln als höchstens 1 Millim. hohe Stämmchen, welche unmittelbare Fortsetzungen der Mycelschläuche sind und gegen ihre Spitze zu baumförmig in mehrere Aeste verzweigt sind. An der Spitze jedes Astes werden die ovalen, durchschnittlich 0,027 Millim. langen Conidien abgeschnürt, und zwar mehrere successiv nach einander, indem der Zweig nach jeder Abschnürung um ein Stück weiter in die Länge wächst, wobei jede Abschnürungsstelle durch eine schwach flaschenförmige Anschwellung kenntlich bleibt. Die Krautverderbniss hat nicht nothwendig die Erkrankung der Knollen zur Folge; doch ist unter solchen Umständen selbstverständlich der Knollenertrag ein geringerer. Meistens aber tritt auf Aekern, deren Laub vorzeitig schwarz geworden, auch die Knollenfäule oder Zellenfäule in verschiedenem Grade auf. Die frischen Knollen zeigen entweder bräunliche, etwas eingesunkene, verschiedene grosse Flecken an der Schale, wobei auf dem Durchschnitte das Gewebe daselbst meist nur in geringer Tiefe unter der Schale gebräunt, der übrige Theil der Knolle noch gesund ist. Oder man bemerkt äusserlich noch gar kein sicheres Zeichen der Krankheit, nur eine oft kaum merkliche Missfarbigkeit; aber auf dem Durchschnitte zeigen sich in der Rinde bis zu den Gefässbündeln einzelne, kleine isolirte oder zusammenhängende braune Flecken. Der mikroskopische Befund ist hierbei ganz der analoge, wie im kranken Blatte: um und in den braunen Stellen des Knollenfleisches bemerkt man die Schläuche des *Phytophthora*-Myceliums. Fructification tritt zwar auf der Kartoffelschale gewöhnlich nicht ein; man kann aber den Pilz leicht dazu veranlassen, wenn man eine durchschnittene kranke Knolle in einem feuchten Raume liegen lässt; auf der Schnittfläche erscheinen dann von den Mycelschläuchen ausgehend Conidienträger, denjenigen auf den Blättern gleich. Wenn anhaltend nasse Witterung herrscht, so kann die Krankheit der Knollen schon im Boden vor der Ernte zum Theil bis zu vollständiger Fäulniss forschreiten. An denjenigen Knollen aber, die mit jenen ersten Anfängen der Krankheit geerntet worden sind, greift die letztere während der Aufbewahrung der Knollen im Winter in den Mieten oder Kellern weiter um sich. Die Bräunung nimmt an Umfang zu und dringt hier und da tiefer in die Knolle ein; letztere verdribt endlich unter Fäulnisserscheinungen. Sind die Aufbewahrungsräume trocken, so schrumpft die Knolle zu einer bröckeligen Masse zusammen, was man als trockene Fäule bezeichnet. In feuchter Umgebung verwandelt sie sich in eine jauchige, übelriechende

Masse, welche Erscheinung die nasse Fäule genannt wird. Meistens siedeln sich, zumal auf den trockenfaulen Knollen gewisse Schimmelpilze an, welche in Form weisser Polster hervorbrechen und später gelbliche, zimtfarbene oder bläuliche Farbe annehmen. Am häufigsten bestehen diese Schimmel aus *Fusisporium Solani*, MART., und *Acrostalagnus cinnabarinus*, CORDA (*Spicaria Solani*, HARTING). Mit dem Parasiten der Kartoffelkrankheit hängen diese in keiner Weise zusammen; sie sind reine Fäulnissbewohner.

Dass durch die Infection mittelst der Conidien der *Phytophthora* sowol die Blatt- wie die Knollenkrankheit erzeugt und verbreitet wird, ist sicher nachgewiesen. Für jene ist dies zuerst durch DE BARY¹⁾ geschehen. Derselbe hat beobachtet, dass die Conidien auf Wassertropfen (also auch auf Thau- und Regentropfen) sehr rasch keimen, theils mittelst Keimschlauches, theils unter Zoosporenbildung; auch hat er das Eindringen der Keime in das Kartoffelblatt und ihre Entwicklung zum Mycelium verfolgt, sowie durch Aussaat von *Phytophthora*-Conidien auf gesunde Kartoffelblätter diese künstlich mit Kartoffelkrankheit infizirt. Die Infection gesunder Knollen mit dem Pilze ist zuerst von SPEERSCHNEIDER²⁾ ausgeführt worden. Aus den Versuchen desselben geht auch hervor, dass es zur Infection nicht erforderlich ist, dass die Sporen direkt auf die Knolle gebracht werden; auch Aufstreuen der Sporen auf die Erde über der Stelle, unter welcher eine Knolle liegt, genügt, um durch das den Boden durchsickernde Wasser Keime zu den Knollen gelangen zu lassen.

Die Ueberwinterung der *Phytophthora infestans* geschieht durch das in den Knollen perenniende Mycelium, und mit den Saatknoten gelangt der Pilz wieder auf den Acker. In den während des Winters in den Aufbewahrungsräumen liegenden kranken Kartoffeln verbreitet sich das Mycelium weiter, so lange diese der Krankheit noch nicht erlegen sind. Der Pilz hat aber hier auch Gelegenheit und günstige Bedingungen, Conidienträger zu entwickeln und durch Conidien sich fortzupflanzen. An etwaigen Wundstellen der kranken Flecken, sowie auf den jungen Anfängen der Triebe, die sich Ende Winters aus den Augen zu entwickeln beginnen, und in die das Mycelium aus den kranken Knollen eingedrungen ist, können Conidienträger zum Vorschein kommen.³⁾ Diese Conidien können nun theils noch während der Aufbewahrung gesunde Knollen und Triebanfänge infizieren, theils werden sie sich bei der Aussaat mit auf die Felder verbreiten und hier auf den jungen Trieben geeignete Bedingungen für ihre Entwicklung finden. Noch sicherer gelangt aber der Pilz durch das in den Saatknoten lebende Mycelium auf den Acker, denn es ist auch bei der sorgfältigsten Auslese der als Saatgut zu verwendenden Kartoffeln unmöglich, jede kranke Stelle einer Knolle zu bemerken. DE BARY⁴⁾ hat nachgewiesen, dass in der That das Mycelium in den Saatkartoffeln durch die jungen Triebe emporwächst und hier endlich die Krankheit des Laubes erzeugt. Es kommt daher vor, dass schon beim Austreiben der Knollen einzelne, junge schwarzgewordene Triebe gefunden werden, welche das Mycelium massenhaft enthalten und leicht Conidienträger erscheinen lassen. Diese ersten Anfänge genügen bei der von nun an wachsenden Vermehrungsfähigkeit des Pilzes, um denselben früher oder später zu auffallenderer Erscheinung zu bringen. DE BARY⁵⁾ hat dies auch bei Pflanzungen im freien Lande constatirt: im März infizierte Knollen wurden im April ausgepflanzt; einzelne der getriebenen Sprossen wurden braun und enthielten das Mycelium; von diesen aus wurde dann schon im Mai eine weitergehende Erkrankung der Blätter beobachtet. Diesen Ergebnissen widerstreiten nicht die von Anderen gemachten Beobachtungen, wonach kranke Saatkartoffeln gesunde Pflanzen ergeben haben;⁶⁾ es ergiebt sich vielmehr daraus nur, dass das Mycelium aus einer kranken Knolle nicht nothwendig auch in den Trieben emporwachsen muss, was übrigens schon aus den DE BARY'schen Versuchen hervorgeht. Wovon dies abhängt, ist nicht näher bekannt; dass äussere Umstände von Einfluss darauf sein können, geht z. B. aus der Beobachtung KÜHN's⁷⁾

¹⁾ Die gegenwärtig herrschende Kartoffelkrankheit. Leipz. 1861, pag. 16—26.

²⁾ Bot. Zeitg. 1857, pag. 121.

³⁾ Vergl. KÜHN, Zeitschr. d. landw. Centralver. d. Prov. Sachsen 1871. Nr. 11.

⁴⁾ Kartoffelkrankheit, pag. 48 ff.

⁵⁾ Journal of Botany 1876, pag. 105 ff.

⁶⁾ Vergl. z. B. REESS, Zeitschr. d. landw. Centralver. d. Prov. Sachsen 1872. Nr. 4.

⁷⁾ Berichte aus d. physiol. Laborat. des landw. Inst. d. Univers. Halle. 1872.

hervor, wonach fröhreife Kartoffelsorten, die zur gewöhnlichen Zeit gelegt waren, zeitig von der Krankheit zerstört wurden, während dieselben Sorten, ungewöhnlich spät geplant, nur wenig zu leiden hatten.

Die auf dem Laube der Kartoffeläcker entstehenden Conidien sind zur Ueberwinterung des Pilzes nicht geeignet, da sie, wie Versuche ergeben haben, schon nach wenigen Wochen ihre Keimfähigkeit verlieren. Wohl aber könnte an Oosporen des Kartoffelpilzes gedacht werden, da diese Organe bei allen Peronosporen, wo sie vorkommen, als Dauersporen fungiren und zur Ueberwinterung bestimmt sind. Dergleichen sind aber trotz eifriger Nachforschungen bis jetzt nicht mit Sicherheit gefunden worden. Neuerdings behauptet zwar eine Reihe englischer Mykologen¹⁾ die fraglichen Oosporen der *Phytophthora* gefunden zu haben und zwar in kartoffelkranken Blättern, die man im Wasser faulen liess. Es geht aber aus diesen Angaben und besonders aus DE BARY's²⁾ einschlägigen Mittheilungen nur hervor, dass in allen in Fäulniss übergehenden Theilen der Kartoffelpflanze Pilzbildungen mit Oogonien und Oosporen auftreten, welche theils unzweifelhaft bestimmte andere Pilze sind (so namentlich eine von DE BARY *Pythium vexans* genannte Saprolegniacee), theils wenigstens keinen Zusammenhang mit der *Phytophthora* erkennen lassen. Auch fand SADEBECK³⁾ in Kartoffelpflanzen eine Saprolegniacee mit Oogonien, *Pythium autumnale*, SADEB. (vielleicht mit dem *Pythium Equiseti*, SADEB. identisch), welche ähnliche Krankheitserscheinungen wie die *Phytophthora* hervorrief. Nach alle dem ist die Oosporen-Frage der Peronospore der Kartoffelkrankheit bis jetzt noch unentschieden. Jedenfalls reicht auch die Thatsache, dass das Mycelium der *Phytophthora* in den Knollen überwintert, vollkommen aus, um das Wiedererscheinen des Pilzes in jedem Jahre zu erklären.

Ausser auf der Kartoffelpflanze lebt die *Phytophthora* bei uns noch auf einigen anderen Arten *Solanum*, jedoch fast nur auf solchen, welche mit jener die süd- oder mittelamerikanische Heimat theilen, so besonders auf mehreren in den Gärten gezogenen Arten, und auf den cultivirten Tomaten (*Solanum Lycopersicum*), deren Blätter oft dadurch erkranken. Nach DE BARY lässt sich der Pilz kümmерlich auch auf *Solanum Dulcamara* cultiviren, meidet aber übrigens streng unsere einheimischen Nachtschattenarten. Ferner fand ihn BERKLEY auf den Blättern von *Anthocercis viscosa*, einer neuholändischen Scrophulariacee, und DE BARY in einem Garten bei Strassburg auf der chilenischen Scrophulariacee *Schizanthus Grahami*. Auf allen diesen Pflanzen ruft der Pilz dieselben Krankheitssymptome hervor, und auf keiner ist er mit Oosporen gefunden worden.

Es geht daraus hervor, dass *Phytophthora infestans* bei uns nicht ursprünglich einheimisch war. In der Heimat der Kartoffel, den Hochländern des wärmeren Amerika's kennt man die Krankheit von jeher. Die Einwanderung des Pilzes in die alte Welt hat wahrscheinlich mit den Knollen stattgefunden. In Europa ist die Kartoffelkrankheit zwar erst in dem nassen Sommer 1845 allgemein bekannt geworden, nachdem sie schon 1843 und 1844 in Nord-Amerika besorgnissreigend aufgetreten war. In jenem Jahre brach sie epidemisch in allen kartoffelbauenden Ländern Europas aus und dauerte in gleich verheerender Weise bis 1850; seitdem tritt sie, wenn auch weniger heftig, in jedem Jahre, in trockenen Sommern schwächer, in feuchten stärker auf. Aber es ist unzweifelhaft, dass sie schon vor 1845 in Europa gewesen ist und erst in diesem Jahre durch ihre Verbreitung und Heftigkeit die allgemeine Aufmerksamkeit auf sich gezogen hat.

Bei dem Einfluss, den die Witterung und der Boden auf die Kartoffelkrankheit haben, spielen die wichtigste, wenn nicht einzige Rolle die Feuchtigkeitsverhältnisse. Alles, was einen dauernd hohen oder plötzlich sich steigernden Feuchtigkeitsgrad der Luft und des Bodens bewirkt (regenreiche Sommer, nasse Witterung, eingeschlossene Lagen, feuchter Boden), befördern die Krankheit in hohem Grade. Das steht vollständig im Einklange mit dem, was wir über den Einfluss der Feuchtigkeit auf die Entwicklung des Pilzes wissen: wasser dampfreiche Luft ruft die Bildung der Conidienträger reichlich hervor, trockene Luft kann sie ganz vereiteln; die Keimung der Conidien, die Bildung der Schwärmsporen, das Eindringen der Keime in die Kartoffelpflanze ist nur bei Gegenwart tropfbarflüssigen Wassers (Regen und Thau) möglich.

¹⁾ Vergl. SMITH in Gardeners Chronicle 1875, 10. Juli, und 1876, Bd. VI. pag. 10—12 und 39—42, sowie BERKLEY, ebenda 1876, Bd. V. pag. 402.

²⁾ Journal of Botany, 1876, pag. 105. ff.

³⁾ Bot. Zeitg. 1876, pag. 268.

Ausser Zweifel ist eine verschiedene Empfänglichkeit einzelner Kartoffelsorten für die Krankheit; so sind besonders die dünnchaligen weissen Sorten der Ansteckung mehr ausgesetzt als die dickschaligeren rothen. Worauf das beruht, ist bis jetzt keineswegs genauer erforscht. Unzweifelhaft hat auch der Entwicklungszustand des Pflanzenteiles einen Einfluss, indem das Mycelium in jungen, zarten Geweben sich rascher zu verbreiten vermag, als in solchen, welche bereits durch die weitere Ausbildung dickere und festere Membranen bekommen haben.

Um der Kartoffelkrankheit entgegenzuarbeiten, ist die Auswahl möglichst gesunden Saatgutes fast das Einzige, aber auch das Erfolgreichste, was in unserer Macht steht. Durch möglichste Trockenhaltung der Aufbewahrungsräume wird die Ausbreitung der Krankheit unter den Knollen im Winter verlangsamt werden.

II. Durch andere Peronosporen verursachte Krankheiten. Die übrigen Arten der Gattungen *Phytophthora* und *Peronospora*, deren jede ihre eigenen Nährpflanzen hat, bringen auf diesen ganz ähnliche Veränderungen hervor, wie sie die Kartoffelkrankheit zeigt, und sind daher als Veranlasser verderblicher und ansteckender Krankheiten besonders auch auf verschiedenen Culturpflanzen von Wichtigkeit. Von diesen¹⁾ seien nur namhaft gemacht: *Phytophthora Fagi*, R. HARTIG, die Ursache der Buchencotyledonenkrankheit²⁾ *Peronospora nivea*, DE BY. auf Umbelliferen, unter anderen auf Petersilie, Kerbel, Möhren, *P. Sempervivii*, SCHENK³⁾ auf *Sempervivum*-Arten, *P. viticola*, DE BY. in Nordamerika auf dortigen Rebenarten⁴⁾, *P. gangliformis*, DE BY. auf Compositen, z. B. Gartensalat, Cichorien etc., *P. Cactorum*, LEB. et COHN, eine Fäule der Cactussäfte veranlassend⁵⁾, *P. parasitica*, DE BY. auf vielen Cruciferen, unter anderen auf Leindotter und Raps, gemein auf *Capsella bursa pastoris*, *P. viciae*, DE BY. auf Wicken, Linsen, Erbsen, *P. effusa*, DE BY. auf *Atriplex*, *Spinacia* etc., *P. Trifoliorum*, DE BY. auf *Trifolium*, *Medicago*, *Melilotus*, *Orobus*, *P. violacea*, DE BY. in den Blütentheilen von *Dipsacus pilosus* und *Knautia arvensis*, *P. Radii*, DE BY. in den Strahlblüthen von *Tripleurospermum*, *P. arborescens*, DE BY. auf *Papaver*-Arten, *P. obovata* BONORD. auf *Spergula arvensis*, *P. Schachtii*, FUCKEL auf den Herzblättern der Runkelrüben⁶⁾, *P. sparsa*, BERK. auf den Blättern der Rosen. Allen diesen Krankheiten ist auch das Symptom gemeinsam, dass durch die aus den Spaltöffnungen hervortretenden, baumförmig verzweigten Conidienträger ein weisslicher, grauer oder bläulichgrauer schimmelartiger Ueberzug an den erkrankten Theilen hervorgebracht wird. Die zur Gattung *Cystopus* gehörigen Arten dagegen sind durch die rein weissen, durch die Epidermis hervorbrechenden, zusammenhängenden Conidienlager ausgezeichnet (indem die einfach keulenförmigen, je eine Conidienreihe abschließenden Conidienträger zahlreich in einer ausgebreiteten Schicht beisammenstehen), und wegen dieses Symptomes hat man die betreffenden Krankheiten auch als weissen Rost bezeichnet. Von diesen ist *Cystopus candidus*, Lév. auf zahlreichen Cruciferen, am gemeinsten auf *Capsella bursa pastoris*, erwähnenswerth, besonders wegen der Hypertrophien und Missbildungen, welche die Theile der Blüthen und des Blüthenstandes erleiden, wenn der Pilz in ihnen die Oosporen bildet.

Kapitel 4.

Die durch Discomyceten verursachten Krankheiten.

I. Gymnoasci.

In dieser Familie sind die niedrigsten Ascomyceten vereinigt, bei denen die Sporenschlüche nicht an einem eigentlichen Fruchtkörper gebildet werden. Die einfachsten Formen, wie *Ascomyces Tosquinetii*, WESTEND. (*Exoascus Alni*,

¹⁾ Vergl. ausser den genannten Schriftstellern auch DE BARY, Recherches s. l. développement de quelques Champ. parasites. Ann. des sc. nat. 4. sér. T. XX.

²⁾ Zeitschr. f. Forst- und Jagdwesen, VIII. 1875, pag. 121.

³⁾ Bot. Zeitg. 1875, pag. 691 ff.

⁴⁾ FARLOW, Referat in JUST bot. Jahressb. für 1877, pag. 98.

⁵⁾ COHN's Beitr. z. Biol. d. Pfl. I, pag. 51.

⁶⁾ KÜHN, Zeitschr. des landw. Centralver. d. Prov. Sachsen, 1872.

4. Die durch Discomyceten verursachten Krankheiten.

483

DE BY.) auf den Blättern der Erlen und *Taphrina aurea*, FR. auf den Blättern von *Populus nigra*, sind sogar einzellige myceliumlose Pilze, die nur aus der zum Ascus werdenden Zelle bestehen, welche bei jenem innerhalb einer Epidermiszelle sich entwickelt, bei diesem mit einem kurzen wurzelartigen Fortsatz zwischen denselben sitzt¹⁾. Die Sporenschlüche wachsen aus der Epidermis hervor und bilden dann ihre Sporen. Sie treten auf dem Blatte gesellig, in grosser Zahl beisammen auf, aber jeder ist hier ein Pilzindividuum für sich. Die Arten von *Exoascus* dagegen besitzen ein echtes Mycelium, dessen Fäden endophyt in dem befallenen Pflanzenteile wuchern und zahlreiche Zweige abgeben, die sich zwischen die Epidermis und die Cuticula eindringen und zu Sporenschlüchen entwickeln, welche die Cuticula emporheben, durchbrechen und dicht gedrängt beisammen stehend hervorwachsen. Bei allen parasitischen *Gymnoasci* verleihen die zahlreichen über die Epidermis hervorragenden Sporenschlüche der befallenen Stelle ein Aussehen, als wäre sie mit einem sehr feinen grauen Schimmel oder Reif bedeckt. Die oben genannten blattbewohnenden Arten, sowie *Exoascus deformans*, FUCKEL auf den Blättern des Pfirsichbaumes, des Kirschbaumes und der *Prunus Chamaecerasus* verursachen an den von ihnen bewohnten Blattstellen in mehr oder minder hohem Grade eine Hypertrophie des Gewebes, derart, dass dasselbe in der Richtung der Blattfläche stärker wächst, was zur Folge hat, dass das Blatt buckel- oder blasenförmig aufgetrieben oder faltig gekräuselt wird, ähnlich wie es viele Blattlausarten bewirken. Bei dieser Kräuselkrankheit sterben die deformirten Blätter und Blattstellen zeitiger ab, als es normal der Fall ist. An den von *Ascomyces Tosquinetii* bewohnten Erlenblättern wird sogar oft keine Hypertrophie bewirkt: die befallenen runden Flecken verlieren ihr Chlorophyll, werden bräunlich, dürr und zerfallen sehr bald von selbst, so dass das übrigens noch grüne Blatt durchlöchert wird. *Exoascus Pruni*, FUCKEL, befällt dagegen die unreifen Früchte der Pflaumenbäume und bewirkt eine Missbildung derselben, die unter dem Namen Taschen, Narren, Schoten oder Hungerzwetschen bekannt ist, d. s. bald spindelförmige, gerade oder gekrümmte, bald wie eine Schote zusammengedrückte, bis fingerlange, kernlose, innen hohle Gebilde mit unregelmässig runzeliger Oberfläche und von bleicher, gelblicher oder röthlicher Farbe, welche ungeniessbar sind und frühzeitig verderben und abfallen. Die Veränderung wird nach DE BARY²⁾ schon wenige Wochen nach der Blüthe bemerkbar. Von dieser Zeit an findet sich das Mycelium des Pilzes im Weichbaste der Gefässbündel; später verbreitet es sich im ganzen Fruchtfleische und bildet endlich an der ganzen Oberfläche der deformirten Frucht die dicht beisammenstehenden Sporenschlüche. Das Eindringen der Sporenkeime ist noch nicht beobachtet worden. Das Mycelium lässt sich bis in den Zweig, an welchem die Taschen sitzen, zurückverfolgen. Das Gleiche finde ich bezüglich des Myceliums der anderen *Exoascus*-Art, welche die Kräuselkrankheit des Pfirsichbaumes verursacht. Es spricht dies für ein Perenniren des Myceliums. Die Heilung solcher Bäume würde dann nur durch Zurückschneiden der kranken Zweige zu erzielen sein. Durch frühzeitiges Sammeln der Taschen, beziehentlich der deformirten Blätter würde man die Verbreitung der Krankheit aufhalten.

¹⁾ Vergl. MAGNUS in Hedwigia, 1874, pag. 135.

²⁾ Beitr. z. Morphol. d. Pilze. I, pag. 33.

II. Parasitische Peziza-Arten.

Die Gattung *Peziza* ist leicht kenntlich durch ihre napf- oder becher- oder trichterförmigen Fruchtkörper, welche auf der freien Oberseite die runde, aus einer Schicht von Sporenschlüchen und Paraphysen bestehende sogenannte Scheibe tragen. Ihre genauere Morphologie ist in der Abhandlung über die Pilze zu finden. Bei den parasitischen Arten sind diese becherförmigen Ascosporenfrüchte, die kurz Becher genannt werden mögen, meist von mässiger Grösse, bei manchen sehr klein. Die Krankheitsarten, welche diese Pilze verursachen, richten sich in erster Linie nach der verschiedenen Entwicklungsweise derselben und mögen nach dieser classificirt werden.

A. *Peziza*-Arten, welche keine Sclerotien und daher ihre Becher unmittelbar auf dem befallenen Pflanzenteile bilden.

1. Der Lärchenkrebs. Diese Krankheit wird nach WILLKOMM¹⁾ durch *Peziza calycina*, SCHUM., hervorgerufen, deren Mycelium im Rindegewebe der kranken Stellen wächst, zunächst zwischen den Zellen, später auch in dieselben eindringend. Der Krebs erscheint als eine abnorm verdickte, aufgeborstene, Harz ergiessende Rindestelle. Er kommt besonders an jüngeren, bis 15jährigen Lärchen vor. In den Krebsstellen stirbt die Rinde bis ins Cambium und in den Splint ab. Die sich bildenden Ueberwallungswülste werden dann auch vom Pilz ergriffen, und die Krebsstelle vergrössert sich. Die über einer solchen Stelle stehenden Zweige bekommen gelbe Nadelbüschel und sterben von den Spitzen aus ab. Die Pflanzen können, besonders jüngere, schon im ersten Jahre oder nach mehrjährigem Verlaufe der Krankheit zu Grunde gehen. An den Krebsstellen brechen die zahlreichen 2—5 Millim. breiten, aussen weisswolligen, mit gelber bis orangenrother Scheibe versehenen Becher hervor.

2. Blätterbewohnende und Blattfleckenkrankheiten erzeugende *Peziza*-Arten. Es giebt einige Pezizeen, welche in lebenden grünen Pflanzenteilen, besonders Blättern von Kräutern schmarotzen und hier eine gelbe, braune oder schwarze Entfärbung der Blattmasse veranlassen, die von einzelnen Punkten beginnend fleckenweis sich ausbreitet. Auf den Flecken bilden sich die sehr kleinen stiellosen, aus dem Substrat hervorbrechenden, fleischig weichen, kahlen Becher (*Pseudopeziza*, FUCKEL).

Pseudopeziza Bistortae, FUCKEL, an Blättern von *Polygonum Bistorta* auf grossen schwarzen Flecken (*Xylooma Bistortae*, DC.), die von einem braunen Hof umgeben sind. — *Ps. Saniculae*, NISSL., auf gelben oder braunen Blattflecken von *Sanicula europaea*. — *Ps. Trifolii*, FUCKEL, auf braunen bis schwärzlichen, trocken werdenden Flecken der Blätter von *Trifolium pratense* und *repens*, u. a. A.

B. *Peziza*-Arten, welche Sclerotien bilden.

Eine Gruppe parasitischer *Peziza*-Arten ist dadurch ausgezeichnet, dass ihre Becher nicht unmittelbar an dem in der Nährpflanze vegetirenden Mycelium entstehen, sondern dass der Pilz sein Leben in der Nährpflanze beschliesst unter Uebergang in einen zur Ueberwinterung bestimmten Dauerzustand des Myceliums in der Form sogenannter Sclerotien (vergl. die Abhandlung Pilze). Nach einer Ruheperiode keimen die Sclerotien, d. h. sie treiben unmittelbar die Ascosporenfrüchte in Form gestielter Becher, deren Sporen dann sogleich keimfähig sind

¹⁾ Die mikroskopischen Feinde des Waldes. II. pag. 167 ff.

und sich wiederum zu einem parasitischen Mycelium entwickeln können. Die Krankheiten, welche diese Pilze veranlassen, sind daher gewöhnlich dadurch sehr charakteristisch, dass an den durch den Parasiten getöteten Pflanzenteilen die meist ansehnlichen, schwarzen, knollenförmigen Sclerotien inwendig oder äusserlich ansitzend gefunden werden (Sclerotienkrankheiten), dass aber *Peziza*-Becher an den erkrankten Theilen nicht vorhanden sind; wol aber bilden manche Arten an der Nährpflanze eine andere Sporengeneration, Conidienträger, welche Formen der alten Schimmelgattung *Botrytis* darstellen, und deren Conidien ebenfalls die Fortpflanzung des Pilzes und die Uebertragung der Krankheit bewirken. Das meist kräftig entwickelte Mycelium dieser Pilze wächst vorzüglich in Stengelorganen, aber auch in unterirdischen Theilen, ist meist von sehr heftiger, rasch tödender Wirkung auf die Zellen des Parenchys und bringt daher schnelles Welken, Missfarbigwerden, Absterben und Vertrocknen oder Faulen der ergriffenen Theile hervor. Nicht von allen der hier zusammengestellten sclerotienbildenden Schmarotzer ist der Entwicklungsgang in der soeben skizzirten Weise bekannt; namentlich ist von vielen noch keine Ascosporenfrucht aus den Sclerotien erzogen worden. Ihre Stellung an diesem Orte ist daher noch fraglich, jedoch nicht unwahrscheinlich.

1. Die Sclerotienkrankheit des Rapses, durch *Peziza sclerotoides*, LIB. verursacht. Diese Krankheit mag vorangestellt werden als diejenige, bei welcher die vollständigsten Angaben über die Entwicklung des Parasiten und über die Krankheitsgeschichte gemacht werden können. Dieselbe ist neuerdings bei Leipzig beobachtet und als Früh- oder Nothreife des Rapses bezeichnet worden. In mittlerer Höhe, häufiger im unteren Stücke des Stengels bis zur Wurzel, zeigt sich eine specifische Erkrankung als nächste Ursache des frühzeitigen Gelb- und Dürrwerdens der oberen Theile. Gewöhnlich ist dort im ganzen Umfange des Stengels an die Stelle der grünen Farbe eine bleiche, fast weisse, bisweilen auch röthliche getreten; die Rinde ist zusammengefallen, fast verzehrt, so dass die Epidermis fast lose dem Holzkörper aufliegt und mit Leichtigkeit sich abschälen lässt. Bricht man die kranken Stengel auf, so zeigen sich vorwiegend im unteren Theile im Mark schwarze knollenförmige Körper. Diese Sclerotien sind unter dem Namen *Sclerotium compactum*, DC. und *S. varium*, PERS. längst bekannt und in abgestorbenen, faulenden Stengeln verschiedener Kräuter, und auch der *Brassica*-Arten vielfach gefunden worden¹⁾; aber es war nicht bekannt, dass der Pilz in seiner ersten Entwicklungsperiode welche der Bildung der Sclerotien vorausgeht, als ein todbringender Schmarotzer in denjenigen Pflanzen lebt, in deren abgestorbenen Stengeln zuletzt jene Sclerotien gefunden werden. An den kranken Stellen ist die Rinde von einem üppigen Mycelium durchwuchert und fast völlig zerstört. Am Rande dieser Partien dringen die bis 0,02 Millim. dicken, häufig septirten, reich mit Protoplasma erfüllten Fäden zwischen den Längsreihen der Parenchymzellen vorwärts, treiben seitlich lange, in gleicher Richtung wachsende Aeste, die anfänglich oft mehrmals dünner (bis 0,003 Millim.) sind, aber bald ebenso dick wie der Hauptfaden werden. Anfangs auf die Rinde beschränkt, gelangen die Fäden bald auch ins Mark, wo sie sich bedeutend vermehren und ein Zusammenschrumpfen, Zerbröckeln und Schwinden des Markgewebes zur Folge haben, so dass der Stengel an diesen Punkten theilweise hohl wird. Die Höhlung enthält eine Masse weissen, lockeren, faserigen oder flockigen Myceliums. In diesem beginnt dann sogleich die Bildung der Sclerotien, deren Vorgang hier nicht näher geschildert werden kann und ganz mit den darüber von DE BARY²⁾ gemachten Angaben übereinstimmt. Aus der weissen, filzigen, zuletzt unkenntlich werdenden Myceliumhülle und den anhängenden Markresten löst sich das reife Sclerotium leicht heraus; es liegt dann lose in dem hohlen Stengel, der dann manchmal deren 50 und mehr, und in allen Grössen zwischen 2 bis 10 Millm.

¹⁾ Vergl. CORMANS in Bull. de l'acad. roy. des sc. de Belgique. 2. sér. T. IX. (1860) pag. 62 ff.

²⁾ Morphologie u. Physiologie der Pilze etc., pag. 35.

Durchmesser enthält. Auch in der Rinde bilden sich bisweilen Sclerotien, welche Anfangs von der Epidermis bedeckt und, da sie vom Holzkörper begrenzt werden, von mehr abgeplatteter und selbst ganz dünner und langgestreckter Form sind; ähnliche finden sich auch auf der Innenseite des Holzcylinders. Man hat für derartige Formen besondere Sclerotium-Species aufgestellt, sie hängen aber offenbar nur von dem Ort, der Form und der Grösse des Pflanzenteiles ab, wo sie sich bilden. Aus den erkrankten Theilen treibt der Pilz bisweilen zahlreiche conidientragende Fruchthypen, die in der Form mit der vielfach auf abgestorbenen Pflanzenteilen auftretenden *Botrytis cinerea*, PERS. übereinstimmen. Aus den unter der Epidermis wachsenden Fäden werden durch die Spaltöffnungen oder zwischen den Epidermiszellen kurze, papillenförmige Zweige hervorgetrieben, die zu den meist blitschelförmig stehenden, $\frac{1}{2}$ —2 Millim. hohen Conidienträgern sich entwickeln. Dieselben zeigen mannigfaltige Formen, die früher zum Theil als besondere Species beschrieben worden sind. Der Parasit vegetirt, nachdem die Rapsstengel von ihm getötet sind, auf denselben als echter Saprophyt kräftig weiter. Aus Stengeln, die in einen feuchten Raum gelegt werden, bricht das Mycelium hervor und hüllt dieselben in eine dicke, weisse Watte; auch im Boden wuchert es um die abgestorbenen Wurzeln weiter, und auch in diesem Mycelium entstehen leicht wieder Sclerotien. Ebenso kann man durch Aussaat der Conidien auf Pflaumendecoc u. dergl. den Pilz zu einer rein saprophyten, sehr kräftigen Entwicklung bringen, wobei wieder reichlich *Botrytis* gebildet wird.

Gesunde Rapsfarnen werden leicht durch den Pilz infiziert und erkranken dann unter denselben Symptomen. Die Infection, die ich mit Rapskeimfarnen vornahm, gelang sowohl wenn die Erde mit Stücken mycelhaltiger Rapsstengel gemengt wurde, als auch nach Aussaat von Conidien auf die Stengelchen der Rapsfarnen. Das Eindringen der Keimschlüche erfolgt durch Einbohren an der Grenze zwischen je zwei Epidermiszellen. Das hypocotyle Stengelglied wurde weich, schrumpfte zusammen, die Pflänzchen fielen um und starben; sie enthielten wieder das gleiche Mycelium in üppiger Entwicklung. Es ist hiernach ausser Zweifel, dass der einmal auf einem Rapsfelde vorhandene Pilz durch die Conidien und mit ihm die Krankheit daselbst weiter verbreitet wird.

Die Sclerotien sind dagegen die eigentlichen Ueberwinterungsorgane des Pilzes. Solche, die ich im August in Erde ausgesät hatte, keimten Anfang März, sie trieben je einen oder mehrere, bis 1 Centim. hohe, gestielte, bräunlichgraue, wachsartig-fleischige, kahle Becher, mit Anfang concaver, später flacher, endlich schwach convexer, hellgrauer Scheibe, welche die für *Peziza* charakteristischen achtsporigen Ascii enthielt. Dieselben Früchte erhielt auch CORMANS (l. c.) aus seinen Sclerotien. Mit den Ascosporen hat Herr HAMBURG im Laboratorium des hiesigen botanischen Instituts erfolgreiche Infectionversuche auf Rapskeimfarnen angestellt. Die Keimschlüche dringen in Menge, theils durch die Spaltöffnungen, theils zwischen je zwei benachbarten Epidermiszellen in die Pflanze ein und bringen an derselben die gleichen Krankheitserscheinungen hervor, bilden stellenweise die *Botrytis*-Conidienträger, sowie auch Sclerotien.

Um die Krankheit zu bekämpfen muss man hiernach die Sclerotien, sowie alles kranke Rapsstroh durch Verbrennen vernichten. Das etwa auf dem Acker zurückgebliebene muss durch tiefes Unterpflügen unschädlich gemacht werden.

Der Pilz vermag wahrscheinlich auf verschiedenen Nährpflanzen zu gedeihen. Dies ist erstens deshalb zu vermuten, weil CORMANS (l. c.) dieselbe *Peziza*-Form aus ebensolchen Sclerotien erhalten hat, die auf abgestorbenen Steckrüben, Möhren, Runkelrüben und Cichorien gefunden worden waren, auch BREFELD¹⁾ auf Topinambur Sclerotien beobachtete, welche solche Pezizen lieferte. Zweitens gelang es mir, den Rapspilz und die Krankheit auch auf *Sinapis arvensis* zu übertragen, dasselbe ist Herrn HAMBURG mit Kleekeimfarnen gelungen. Es kann daher vermutet werden, dass mit dieser Krankheit vielleicht identisch ist

2. Die Sclerotienkrankheit des Klee oder der Kleekrebs. Nach den von KÜHN²⁾ und REHM³⁾ über diese verhältnissmässig seltene Krankheit gemachten Mittheilungen zerstört dieselbe unter ganz gleichen Symptomen wie bei der Rapskrankheit die oberirdischen Theile der

¹⁾ Bot. Zeitg. 1876, pag. 265.

²⁾ Hedwigia 1870, No. 4.

³⁾ Entwicklungsgeschichte eines die Kleearten zerstörenden Pilzes. Göttingen 1872.

angebauten Kleearten und wird durch ein Mycelium verursacht, welches in allen Beziehungen mit dem des Rapsparasiten fast vollständig übereinstimmt. Die Sclerotien werden, was bei der Dünne der Theile des Klee leicht erklärlich ist, vorwiegend an der Oberfläche der erkrankten Organe, übrigens in derselben Art und in denselben Formen wie beim Raps gebildet. Sie bleiben ebenfalls nach dem Absterben des Klee zurück und keimen im nächsten Frühjahr und Sommer, indem sie Becher bilden, für welche REHM die Bezeichnung *Peziza ciborioides*, FR., gewählt hat, die aber von denen des Rapspilzes nicht wesentlich verschieden zu sein scheinen. REHM gelang es auch, Kleekeimfarnen mit den Ascosporen dieser Peziza zu infizieren.

3. Eine Sclerotienkrankheit des Hanfes ist von TICHOMIROFF¹⁾ im russischen Gouvernement Smolensk beobachtet worden. Das Mycelium durchwuchert die Gewebe des Stengels und verdirt die Bastfasern. In der Markhöhle entstehen bis 2 Centim. grosse, schwarze Sclerotien. Aus diesen wurde im November, häufiger im folgenden April die Ascosporenfrucht, *Peziza Kauffmanniana*, TICH., erhalten.

4. Die Sclerotienkrankheit und das Verschimmeln der Speisezwiebeln. Seit den letzten Jahren tritt auf *Allium Cepa* häufig eine gewöhnlich vom Zwiebelhalse beginnende, meist faulige Verderbniss der Zwiebeln auf, deren Ursache ein Mycelium ist, welches im Parenchym der Zwiebelschuppen und zwischen denselben vegetirt und von dem des Rapspilzes kaum zu unterscheiden ist. In den verdorbenen Theilen bilden sich stecknadel- bis gerstenkorngroße Sclerotien. Auf der Epidermis der ergriffenen Zwiebelschuppen, besonders in den Zwischenräumen zwischen denselben, desgleichen auch auf Schnittflächen entstehen Conidienträger, von der *Botrytis cinerea* des Rapspilzes kaum unterscheidbar. Die Weiterentwicklung der Sclerotien ist unbekannt. SORAUER²⁾ hat mit den Conidien gesunde Zwiebeln infiziert. Die Keimschlüche breiten sich auf der Oberfläche der Zwiebel aus; ihre Aeste dringen in das Gewebe ein. Die gleiche Infection und Erzeugung der Krankheit gelang mir an den grünen Blättern der Zwiebeln.

5. Der weisse und der schwarze Rott der Hyacinthen. Nach den von MEYEN³⁾ zusammengestellten Angaben über diese seit dem letzten Drittel des vorigen Jahrhunderts um Harlem aufgetretenen, dann weiter verbreiteten Krankheit ist dieselbe, was die Beschaffenheit und das Auftreten des Myceliums, die Symptome und den Verlauf der Krankheit anlangt, mit der vorigen so übereinstimmend, dass die ganz nahe Verwandtschaft, wenn nicht Identität derselben mit jener kaum zu bezweifeln ist. Der schwarze Rott scheint nichts anderes zu sein als der weisse, nur ausgezeichnet durch die Anwesenheit schwarzer Sclerotien. Den Gärtnern ist die ansteckende Eigenschaft der Krankheit, besonders an den im Boden stehenden Zwiebeln bekannt.⁴⁾

6. Bei einer Stengelfäule der Balsaminen, wobei die unteren Theile des Stengels schlaff und weich werden, die Pflanzen umfallen und absterben, fand ich die kranken Theile von einem, einer *Botrytis* sehr ähnlichen, üppigen Mycelium durchzogen, an welchem zahlreiche nicht über $\frac{1}{6}$ Millim. Durchmesser grosse Sclerotien sich bildeten.

7. Eine Fäulniss der Früchte wird durch das Mycelium gewisser Schimmelpilze, theils des *Mucor stolonifer*, theils der *Botrytis cinerea* verursacht, wenn dasselbe in Wundstellen des Fruchtfleisches eindringen kann.⁵⁾

8. Eine Sclerotienkrankheit der Grasblätter, welche ein Gelbwerden und Vertrocknen derselben verursacht und im Jahre 1879 um Leipzig stellenweise epidemisch auftat, ist dadurch besonders auffallend, dass das Mycelium zwischen den ineinander steckenden jungen

¹⁾ Bullet. soc. naturalistes de Moscou 1868; nach HOFFMANN, mycol. Ber. 1870, pag. 42.

²⁾ Oesterreichisches landwirthsch. Wochensbl. 1876, pag. 147.

³⁾ Pflanzenpathologie, pag. 164—172.

⁴⁾ Auf Hyacinthenzwiebeln kennt man noch zwei ähnliche Krankheiten: die Ringelkrankheit und die Hautkrankheit. Bei jener gehen Schuppen im Innern der Zwiebel in einem braunen ringförmigen Streifen im Querschnitt in Zersetzung über, bei dieser betrifft dies nur die oberflächlichen Schuppen, in beiden Fällen von oben beginnend, nach unten fortschreitend. Nach einer kürzlich von SORAUER (Untersuchungen über die Ringelkrankheit etc. Berlin und Leipzig 1878) gemachten Mittheilung soll das Mycelium von *Penicillium glaucum* diese Krankheit verursachen, wenn es durch Wundstellen der Zwiebel in die Schuppen eingedrungen ist.

⁵⁾ Vergl. BREFELD, Bot. Zeitg. 1876, pag. 282.

Blättern des treibenden Halmes wuchert, so dass deren Spitzen sich nicht aufrollen, vertrocknen und die Blätter alle ineinander stecken bleiben, trotzdem dass der Halm sich streckt, und dass aus jeder Blattrolle ein weisser Myceliumstrang hervorragt, in welchem, oft kettenförmig gereiht, die Sclerotien (*Sclerotium rhizodes*, Awn.) eingehüllt sind. Ueber diese und andere Sclerotienkrankheiten, sowie über ungenügend bekannte Pflanzenkrankheiten, die vermuthungsweise hierhergehören, vergl. meine »Krankheiten der Pflanzen«.

III. Der Ritzenschorf, *Hysterium*.

Diese Gattung ist durch schwarze, elliptische bis linealische Fruchtkörper charakterisiert, die der Länge nach im Substrat eingewachsen sind und als strichförmige Polster hervorbrechen, anfangs von ihrer schwarzen, krustigen Wand geschlossen sind, dann mit einer Längsrinne sich lippenförmig öffnen, wodurch die dem Boden des Fruchtkörpers aufliegende Scheibe entblößt wird. Die Sporenschlüche enthalten je 8 cylindrische, fadenförmige, farblose Sporen. Einige Arten dieser Gattung leben parasitisch in den Nadeln von Coniferen, an denen sie ein Gelb- oder Braunwerden und zeitiges Abfallen veranlassen. Die entfärbten Flecken entstehen im Frühling und Sommer; in ihnen lebt ein Mycelium, welches aber erst nach dem Absterben der Nadeln die beschriebenen Fruchtkörper zur Entwicklung bringt. Letztere werden daher vorzüglich an den abgefallenen, theilweise auch an noch am Zweige gebliebenen Nadeln im Herbst, Winter und Frühling gefunden. Hierher gehört der Weisstannen-Ritzenschorf, *Hysterium* (*Hypoderma nervosum*, Fr.), und der Fichten- und Kiefern-Ritzenschorf, *Hysterium* (*Lophodermium Pinastri*, SCHRAD.), letzterer auf den Nadeln der Fichten und der Kiefern, wo er dieselben Symptome wie die Schütte (pag. 430) erzeugt.¹⁾

IV. Der Runzelschorf, *Rhytisma*.

Die blätterbewohnenden Parasiten dieser Gattung sind durch ihr in der Blattmasse sich bildendes grosses, schwarzes, krustenförmiges Stroma ausgezeichnet, in welchem die zahlreichen Fruchtkörper gelegen sind, die den Bau derer von *Hysterium* haben, aber nicht geradlinig, sondern unregelmässig hin und her gebogen und geschlängelt sind, wodurch die Oberfläche des Stroma lirellenförmige Runzeln bekommt. An den Stellen, wo diese Krusten entstehen, vermehren sich die im Blattgewebe wachsenden Myceliumfäden in einem solchen Grade, dass alle Räume der Gewebe, also vorzüglich die Zellhöhlen, erfüllt werden mit lückenlos verflochtenen Fäden. Die Membranen der ursprünglichen Zellen, vorzüglich die derberen Elemente der Fibrovasalbündel und die Epidermiszellwände, sind trotzdem in diesem Fadengewirr noch zu erkennen. Eine ringsum gehende peripherische Lage dieses Stroma, die sich auch an den Rändern desselben quer durch das Blatt hindurchzieht, verdichtet sich zu einem kleinzelligen Pseudoparenchym mit geschwärzten Membranen und bildet eine dunkle, krustige Rinde rings um das farblose, reich mit Oeltropfen erfüllte innere Gewebe. Da, wo die stets an der Oberseite des Blattes befindlichen Fruchtkörper angelegt werden, wird die Rinde des Stroma in grösserer Mächtigkeit entwickelt, die Epidermiszellen werden dadurch ausgeweitet, die Cuticula weit abgehoben; eine centrale Partie einer solchen verdickten Rindenstelle bleibt farbloses kleinzelliges Pseudoparenchym; es ist die Anlage der subhymenialen Schicht, die nach aussen von der gemeinschaftlichen Rinde überzogen ist. Aus ihr erheben sich, den Raum noch mehr ausweitend die feinen Paraphysen, die Anlage der

¹⁾ Vergl. R. HARTIG, Wichtige Krankheiten der Waldbäume und PRANTL, Flora 1877, No. 12.

Scheibe bildend; zwischen ihnen entstehen erst zur Zeit der Reife die Sporenschlüche, und dieses tritt erst an dem abgefallenen Blatte im Winter oder Frühling ein. Ausser den Ascusfrüchten kommen auch Spermogonien vor. Nach einem Versuche CORNU's¹⁾ entsteht der Pilz von neuem, wenn Ascosporen auf junge Ahornblätter gebracht werden. Die durch diese Pilze verursachten Krankheiten sind durch das Auftreten grosser, schwarzer, krustiger Flecken auf den Blättern charakterisiert, um welche ein gelber oder brauner Hof sich befindet; im übrigen bleiben die Blätter grün und werden kaum vor dem herbstlichen Laubfall verloren. Aber da ein bedeutender Theil der Blattfläche der normalen, assimilirenden Thätigkeit entzogen, der Pilz ausserdem durch das Blatt ernährt wird, so ist damit nothwendig ein schädlicher Einfluss auf die Nährpflanze verbunden, der sich auch in kümmerlicher Entwicklung stark befallener Pflanzen oder Triebe erkennen lässt. *Rhytisma acerinum*, Fr., findet sich häufig auf *Acer Pseudoplatanus*, *platanoides* und *campestre*, *Rhytisma salicinum*, Fr., auf *Salix Caprea* und *aurita*, *Rhytisma Andromedae*, Fr., auf *Andromeda polifolia*.

Kapitel 5.

Die durch Pyrenomyceten verursachten Krankheiten.

I. Die Mehlthaupilze.

Die Arten der Gattung *Erysiphe*, HEDW., sind epiphyte Parasiten grüner Pflanzenteile, auf denen sie ausgebreitete, weisse, schimmel- oder mehlartige Ueberzüge bilden, die allgemein unter dem Namen Mehlthau bekannt sind. Die selben bestehen aus dem Mycelium und den auf diesem sich bildenden Conidienträgern. Die feinen, spinnwebeartigen, septirten und verzweigten Fäden des Myceliums wachsen in allen möglichen Richtungen auf der Oberfläche der Epidermis, dringen nicht in diese ein, treiben aber stellenweise an ihrer unteren Seite Auswüchse in Form von Haustorien ins Innere der Epidermiszellen. Die Conidienträger sind kurze Zweige der Myceliumfäden, welche sich aufrecht stellen und an ihrer Spitze eine farblose, ovale, einzellige Conidie oder deren mehrere reihenförmig übereinander abschnüren. Später, wenn die Bildung der Conidien nachlässt, sieht man zahlreiche, sehr kleine, schwarze Pünktchen auf dem Mehlthau auftreten; es sind die Perithecien, welche im reifen Zustande kugelige, schwarze, vollkommen geschlossene Kapseln darstellen, in denen ein- oder mehrere Sporenschlüche mit je 2 bis 8 einzelligen Sporen enthalten sind. Auswendig sind die Perithecien mit eigenthümlich gestalteten Fäden besetzt, deren Form ebenso wie die Zahl der Ascii des Peritheciums Merkmale zur Unterscheidung der Arten von *Erysiphe* darbieten.

Die Wirkung des Mehlthaus auf den von ihm befallenen Pflanzenteil scheint von den Punkten auszugehen, wo Haustorien in die Epidermis eingedrungen sind. Denn man sieht oft zuerst dort die Membran und den Inhalt der Epidermiszelle gebräunt. Späterhin treten an dem ganzen, vom Mehlthau befallenen Organe Krankheitssymptome auf, welche als die schliessliche Folge der fort dauernden Aussaugung durch den Pilz betrachtet werden müssen. Die selben sind verschieden je nachdem der Pilz das Organ erst im völlig ausgebil-

¹⁾ Compt. rend. 22. Juli 1878.

deten Zustände oder noch während des Wachsthumes desselben befallt. Im ersten Falle handelt es sich um die völlig erwachsenen grünen Blätter und Stengel. Die Blätter verlieren dann schneller oder langsamer ihr gesundes Grün, werden mehr gelb oder bräunlich, sterben endlich unter Zusammenschrumpfen und vertrocknen an der Pflanze oder fallen ab. Ueberzieht der Pilz jugendliche Theile, wachsende Stengel und Triebspitzen sammt den daran sitzenden unentwickelten Blättern, so tritt eine Stockung des Wachsthums und baldiges Verkümmern und Absterben ein. Da der Pilz meist weite Strecken der Pflanze überzieht, so können krautartige Pflanzen dadurch ganz unterdrückt werden; an Holzpflanzen beschränkt sich der Schaden auf einzelne Triebe, beziehentlich Früchte. In diesen beiden Fällen besteht also die Einwirkung in einer allmählichen Auszehrung der ergriffenen Theile. Selten ist die dritte Form der Einwirkung, die sich als Hypertrophie darstellt; so zeigen z. B. die Stengel von *Galeopsis*, wenn sie von *Erysiphe lamprocarpa* befallen sind, oft starke Verkrümmungen und Anschwellungen.

Ueber die Entwicklung der Mehlthaupilze wissen wir, dass die Conidien sofort nach ihrer Reife keimfähig sind, und dass durch sie die Verbreitung des Pilzes und der Krankheit während des Sommers bewirkt wird. Die in den Perithecien entstehenden Ascosporen scheinen dagegen zur Ueberwinterung des Pilzes bestimmt zu sein. Bei *Erysiphe graminis* bilden sich sogar erst in den überwinternten Perithecien die Sporen aus. Und mit demselben Pilz ist es WOLFF¹⁾ gelungen, aus den Ascosporen im Frühjahr ein neues conidienbildendes Mehlhau-Mycelium zu erzielen. Dauernde grössere Feuchtigkeit, mag sie durch die Gegend, durch die Lage oder durch die Witterung bedingt sein, befördert den Mehlhau in hohem Grade, was bei der epiphyten Natur dieser Pilze auch um so mehr zu erwarten ist. Aus dieser epiphyten Lebensweise erklärt sich auch, warum das Schwefeln, d. h. das Aufstreuen von Schwefelblumen auf die Pflanzen, welches gegen endophytic Parasiten wirkungslos ist, nicht bloss vorhandenen Mehlhau unterdrückt, sondern auch gegen die Ansiedelung desselben schützt.

Man kennt gegenwärtig in Europa einige 30 Arten Erysipheen, deren Aufzählung der Mykologie überlassen bleiben mag. Von pathologischem Interesse ist allerdings diese Speciesunterscheidung insofern, als jede Art ihre eigenen Nährpflanzen hat, also irgend ein Mehlhau nicht auf jede beliebige Pflanze übergehen kann, sondern Uebertragung nur innerhalb der Verbreitungssphäre einer jeden Erysiphe möglich ist. In dieser Beziehung verhalten sich die einzelnen Arten sehr ungleich, indem manche einen ziemlich weiten Kreis von Nährpflanzen haben, andere auf eine einzige Nährspecies beschränkt sind. Zu den erstenen gehört z. B. *Sphaerotheca Castagnei*, Lév., welche nicht nur den Mehlhau auf Hopfen bildet, sondern auch auf Plantagineen, Serophularineen, Compositen, Cucurbitaceen, Balsamineen, Onagraceen, Rosaceen vorkommt, sowie *Erysiphe Martii*, Lév., welche den Mehlhau auf Klee, Wicken und anderen Papilionaceen erzeugt, aber auch Umbelliferen, Spiráceen, Hypericaceen, Cruciferen, Rubiaceen, Convolvulaceen bewohnt. Nur wenige Nährpflanzen hat z. B. der unter dem Namen Rosenweiss oder Rosenschimmel bekannte Mehlhau *Sphaerotheca pannosa*, Lév., welcher ausser Rosen auch Pfirsichbäume befallt. Nur auf einer einzigen Nährspecies sind bis jetzt beobachtet worden z. B. *Calostoma Berberidis*, Lév., auf Berberize, *C. Grossulariae*, Lév., auf Stachelbeeren, u. a. Zu diesen gehört auch der bis jetzt nur in der Conidienform bekannte Traubenzuckerpilz, *Oidium Tuckeri*, BERK., welcher die Ursache der Traubenzuckerkrankheit ist. Dieselbe ist ein Mehlhau mit einsporigen Conidienträgern auf den Blättern und jungen Früchten des Weinstockes, die dadurch ein Braunwerden und Absterben der Epidermis erleiden, welches ein Bersten und Verderben der jungen Beere zur Folge hat. Der Traubenzuckerpilz ist in den weinbauenden Ländern Europas verbreitet; ob er auch in Nord-Amerika sich findet, ist nicht sicher erwiesen; dort kommt vielmehr auf den daselbst einheimischen Rebenarten ein anderer, mit Perithecien ausgestatteter Mehlhau, *Uncinula spiralis*, BERK. et BR., vor, ohne besonders erheblichen Schaden anzurichten.

¹⁾ Bot. Zeitg. 1874, pag. 183.

II. Die russthauartigen Pilze.

Unter Russthau versteht man eine Krankheit der Holzpflanzen und Kräuter, bei welcher die Oberfläche der lebenden Blätter und wol auch der Zweige mit einem schwarzen, kienrussartigen Ueberzug bedeckt ist, der sich leicht als eine krümlige Masse oder dünnhäutige Kruste ablösen lässt. Derselbe besteht aus einem Pilz, welcher streng epiphyt wächst, auch nicht mit Haustorien in die Epidermis eindringt. Sowol die Fäden des Myceliums als auch die manigfaltigen Fortpflanzungsorgane, die auf demselben sich bilden, haben braungefärbte Membranen, weshalb der ganze Pilz eine dunkle Farbe besitzt. Von diesen Pilzen ist am genauesten bekannt diejenige Form, für welche TULASNE¹⁾ die Gattung *Fumago* aufgestellt, und deren zahlreiche Fruchtformen Derselbe genauer beschrieben und als Glieder im Entwicklungsgange des Pilzes nachgewiesen hat. Zu ihr gehört jedenfalls die Mehrzahl der russthauartigen Pilze. Anfangs besteht das Mycelium aus farblosen, durch Querscheidewände ziemlich kurz gegliederten und reichlich verzweigten Fäden, die so dicht wachsen, dass sie sich berühren und oft zu einer lückenlosen, parenchymatösen Schicht an einander geschlossen sind. Durch gallertartiges Aufquellen der äusseren Membranschichten verkleben sie mit einander und haften an der Epidermis. Als Sprossungen aus den Zellen dieser farblosen Unterschicht treten dann die braunwandigen Elemente des Myceliums auf: theils gleichförmig langgestreckte, septirte Fäden, welche einzeln oder in bandartige Stränge vereinigt wachsen, theils verschiedenartige Gemmenbildung, welche (gleich den Gliedern der braunwandigen Mycelfäden) keimfähig sind, d. h. unter günstigen Bedingungen in einen farblosen Keimschlauch auswachsen können, und zwar die als *Torula* bezeichneten kettenförmig zusammenhängenden, kugeligen Gliederzellen, und unregelmässige Zellenkörper von sehr wechselnder Grösse (*Coniothecium*). Ferner können auf diesem Mycelium verschiedene Arten eigentlicher Fruchtorgane sich entwickeln, die sowol aus den braunen Mycelfäden, als auch aus den *Coniothecium*-Körpern unmittelbar entspringen, und zwar diejenige Form von Conidienträgern, welche als *Cladosporium Fumago*, LINK, bekannt ist, ferner eigenthümliche mit bauchiger Hülle versehene Conidienfrüchte, die wegen der Keimfähigkeit ihrer Sporen ihre frühere Bezeichnung Spermogonien nicht verdienen; ferner flaschenförmige, mit einer halsförmigen Mündung versehene Pykniden, endlich die ähnlich flaschenförmigen, mehr oder weniger gestielten, aufrechten Perithecien mit braunen, durch Quer- und Längsscheidewände septirten Sporen, die zu je 8 in den Ascis enthalten sind. Auch aus den Sporen aller dieser Früchte kann wieder Russthau hervorgehen.

An den Laubhölzern befallt der Russthau gewöhnlich die Oberseite der Blätter, erst später kann er auch auf die untere Seite übergreifen. Da er am leichtesten an denjenigen Stellen sich ansiedelt, welche mit dem von den Blattläusen abgesonderten Zuckersecret bespritzt sind, so hat man ihn mit diesen Thieren in Beziehung gebracht. MEYEN²⁾ ist geradezu der Ansicht, dass der Russthau nur eine Folge des durch die Blattläuse verursachten Honigthaues sei, und ZOPF³⁾ hat neuerdings dasselbe noch bestimmter behauptet. Diese Meinung ist schon

¹⁾ Selecta Fungorum Carpologia. II, pag. 281.

²⁾ Pflanzenpathologie, pag. 188.

³⁾ Die Conidienfrüchte von *Fumago*. Halle 1878.

deshalb nicht zutreffend, weil nicht jeder Honigthau von Blattläusen herrührt; und eine genauere Beobachtung des Vorkommens des Russthau auf verschiedenen Pflanzen schränkt die Gültigkeit jener Ansicht noch weiter ein. Die *Torula pinophila* auf der Tanne bedeckt die ein- und mehrjährigen Zweige ringsum, meist ohne auf die Nadeln überzugreifen. Von dort aus wuchert sie unmittelbar auf die jungen Zweiglein, die jedes Jahr getrieben werden, begünstigt durch den Haarfilz, welcher dieselben bekleidet. Hier bewohnt der Pilz die Pflanze ständig, und wächst alljährlich mit ihr fort, ohne dass Honigthau betheiligt zu sein braucht. Dieselbe Lebensweise führt der Pilz aber auch auf den Laubhölzern. Auch diese bewohnt er ständig; schon an den diesjährigen Zweiglein findet man, wenn ihre Blätter Russthau haben, die Oberfläche oft mehr oder minder reichlich mit dem Pilze bedeckt, und er lässt sich bis auf ältere Zweige verfolgen; ja er überzieht auch solche, die keinen Russthau auf den Blättern haben, und ist eigentlich ein überall verbreiteter Pilz, der auf den dunklen Aesten und Baumstämmen nur wenig sich bemerkbar macht. Auf der rauheren, todten Borke alter Aeste und der Baumstämme ist in geschützten, schattigen, feuchten Lagen oft fast keine Stelle zu finden, wo der Pilz nicht wäre; und gerade an solchen Orten zeigt sich auch der Russthau häufig auf den Blättern. Von den Baumzweigen können die Gemmen, sowie die Sporen leicht auf das neue Laub gelangen, wobei die Niederschläge eine bedeutende Rolle spielen werden. Das fast ausschliessliche Auftreten des Russthau auf der Oberseite der Blätter erklärt sich daraus hinreichend. Auch entsteht er gewöhnlich zuerst an denjenigen Stellen, die am leichtesten benetzt werden, nämlich in den Vertiefungen, welche die Blattrippen an der Oberseite bilden, sowie an der Spitze des Blattes und der Blattzähne. Die durch Honigthau klebrigen Stellen der Blattoberflächen begünstigen allerdings die Ansiedelung des Pilzes in hohem Grade. Dass der Russthau meistens von oben herabkommt, von den über den Blättern befindlichen Zweigen und Aesten, verräth sich auch darin, dass in demselben nicht selten auch grüne *Pleurococcus*-Zellen und Flechtengonidien zu finden sind, welche an den Stämmen und Aesten der Bäume mit *Torula* und *Coniothecium* gemeinschaftlich wachsen. Auch ist bemerkenswerth, dass Russthau fast immer nur unter Bäumen auftritt. Ebenso ist der Uebergang des Pilzes von den Blättern der Gehölze auf allerlei unter ihnen befindliche niedrige Pflanzen evident. In den Glashäusern lebt der Pilz auf den immergrünen Blättern und von da aus wird seine Verbreitung durch den Honigthau der Blatt- und Schildläuse und vorzugsweise durch das Besprengen der Pflanzen bewirkt.

Einen augenfällig schädlichen Einfluss auf die Gesundheit der Pflanze bringt der Russthau nicht hervor. Blätter können ganz damit bedeckt sein, und behalten lange ihre frische, gesunde Beschaffenheit, sie sehen rein grün aus, wenn man den Ueberzug entfernt. Schon MEYEN¹⁾ hat die Meinung ausgesprochen, dass dieser Pilz kein eigentlicher Schmarotzer sei, sondern sich aus den Zuckersäften des Honigthaues ernähre. Später hat FLEISCHMANN²⁾ dasselbe bezüglich des Hopfensrussthau behauptet, und neuerdings hat ZOPF (l. c.) durch die Cultur des Pilzes auf Fruchtsäften die Fähigkeit desselben, auch bei nicht parasitischer Ernährung sich zu entwickeln, erwiesen. Das Vorkommen desselben auf abgestorbenen Theilen des Periderms und der Borke steht damit im Einklange.

¹⁾ l. c. pag. 187.

²⁾ Landwirthsch. Versuchsstationen 1867, No. 5.

Auch wo kein Honigthau im Spiele ist, könnte die auf den Blättern sich ansammelnde Menge von Staub, Exrementen und anderer Abfälle allerlei Thiere dem Pilze ähnliche Nahrungsstoffe bieten. Allein das schliesst eine parasitische Lebensweise nicht aus, da es Parasiten giebt, die einer saprophytischen Ernährung fähig sind. Bewiesen ist in dieser Frage nichts. Aber darüber herrscht kein Zweifel, dass die kaum durchsichtige Russthaudecke dem Blatte das Licht entzieht und es dadurch in seiner Assimilation schwächen muss.

Hinsichtlich der specifischen Unterscheidung der russthauartigen Pilze sind wir noch ganz im Unklaren, woran namentlich der reiche Polymorphismus derselben und der Umstand, dass die einzelnen Entwicklungsformen fast nie beisammen gefunden werden, Schuld sind. Dazu kommt noch die Leichtigkeit, mit der ein und derselbe Russthau auf specifisch andere Pflanzen übergeht. In der Mykologie ist eine ganze Reihe hierher gehöriger Pilzformen bekannt und benannt; oft hat man nur nach den Nährpflanzen, auf denen sie gefunden sind, unterschieden. Zwei unzweifelhaft verschiedene Pilzformen und somit zwei entschieden verschiedene Krankheiten dürfen nur da anerkannt werden, wo von beiden Pilzen bestimmt verschiedene Sporenformen, besonders Peritheciensfrüchte bekannt sind. Prüfungen, in wieweit ein Russthau auf andere Nährpflanzen übergehen kann, sind bis jetzt nicht angestellt worden, und wir wissen darüber bis jetzt nichts weiter, als was die unmittelbare Beobachtung des Russthau im Freien lehrt.

Der von TULASNE (l. c.) genauer untersuchte und *Fumago salicina*, TUL., genannte Pilz, auf welchen sich hauptsächlich die obige Beschreibung bezieht, bildet den Russthau der Weiden. Aber auch der auf den meisten unserer übrigen Laubhölzer ist mit diesem identisch, desgleichen der Russthau des Hopfens oder sogenannte schwarze Brand des Hopfens. Dass der Russthau der Tanne (*Torula pinophila*, CHEV., *Antennaria pinophila*, NEES) davon specifisch verschieden ist, ist keineswegs erwiesen. Auch auf ausländischen Gehölzen, wie Orangenbäumen, Oliven, Kaffeebäumen etc., kennt man ganz ähnliche Pilze. Mehr abweichend und daher wohl unzweifelhaft specifisch verschieden sind der Russthau der Eriken (*Stemphylium ericotomum*, A. BR. et DE BY.¹⁾), sowie einige andere Formen. Ueber alle diese ist Ausführlicheres in meinen »Krankheiten der Pflanzen« zu finden.

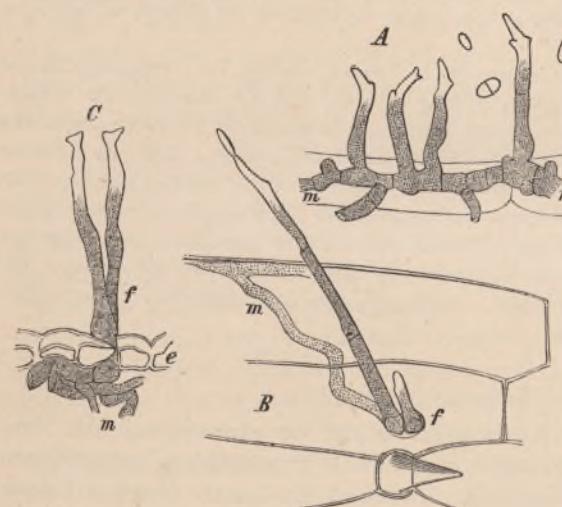
III. Die *Pleospora*-artigen Pilze.

Die Gattung *Pleospora* ist mit *Fumago* wegen der Aehnlichkeit der Peritheciens und wegen der ähnlichen Polymorphie der Fruchtbildung am nächsten verwandt. Auch die schwarze Färbung, die diese Pilze auf den Pflanzen hervorbringen, haben sie mit jenen gemein. Aber ihr Mycelium dringt ins Innere der Pflanzenteile ein, wenngleich es oft vorwiegend in der Nähe der Oberfläche sich entwickelt; es bildet daher auch keinen ablösbarer Ueberzug, sondern die Schwärzung inhärt der Pflanzensubstanz, und der Pilz bricht oft deutlich aus dem Innern durch die Epidermis hervor. Auch bei diesen Pilzen haben wir es gewöhnlich mit der conidienbildenden Form zu thun, von manchen ist nur diese bis jetzt bekannt. Sie stellt Conidienträger dar, die in der Mykologie als *Cladosporium* und als *Sporidesmium* bezeichnet werden. Während diese gewöhnlich auf dünneren Theilen, wie Blättern u. dergl. erscheinen, treten die Spermogonien (Formen von *Phoma*) und die meist rundlichen, ziemlich dickwandigen, durch ihre vielfach längs- und querseptirten, daher mauerförmigen, gelbbraunen Ascosporen ausgezeichneten Peritheciens nur an dickeren Theilen, wie Stengeln u. dergl., meist zur Herbst- oder Winterszeit auf.

¹⁾ *Cladosporium herbarum*, LINK. Dieser gemeine Pilz erscheint mit seinen allbekannten,

¹⁾ Vergl. A. BRAUN, Verhandl. d. Ver. zur Beförd. d. Gartenb. i. d. Kgl. preuss. Staaten 1853, pag. 178.

zarten, graubraunen bis grünlichschwarzen Flecken auf kürzlich abgestorbenen Theilen kraut- und grasartiger Pflanzen, vorzüglich auf dem frischen Stroh allerhand Feld- und Gartenfrüchte; aber er kann auf noch lebende Pflanzenteile übergehen und diesen schädlich werden. Der auch auf diesen Pilz übertragene Name Russthau dürfte wegen der abweichenden Merkmale besser durch die Bezeichnung Schwärze, die wol SORAUER¹⁾ zuerst für ihn gebraucht hat, ersetzt werden. Der Pilz ist bisher als Parasit nicht anerkannt worden; so hat ihn KÜHN²⁾ bei der Schwärze des Roggens für einen Saprophyten erklärt, der sich nur auf abgestorbenen Geweben ansiedelt. Für die meisten Fälle ist dieses letztere Verhältniss in der That zutreffend, und wenn Halmfrüchte oder krautartige Theile von der Schwärze befallen werden, so sind diese in der Regel bereits todt; nach dem Verscheinen der Saaten durch Sommerdürre, nach Frostbeschädigungen, nach den Zerstörungen durch Rost, nach dem Vertrocknen der Aehren bei unterbliebener Befruchtung, nach Insektenbeschädigungen folgt gern Schwärze. Ein von mir beobachteter Fall setzt es ausser Zweifel, dass *Cladosporium* auch parasitisch auftreten und schädlich werden kann. Auf Roggenfeldern zeigte sich schon bald nach der Blüthe, Mitte Juni, ein Gelbwerden aller Blätter. Die Verfärbung begann meist auf der Oberseite am Grunde der Blattfläche. Daselbst befanden sich äusserlich ausser Pollenkörnern überall auch Sporen und Myceliumtheile von *Cladosporium*. Der Pilz kam hier zu weiterer Entwicklung, indem seine braunen Fäden sich über



(B. 111.)

Fig. 23.

Cladosporium herbarum, LINK. A und B auf noch lebenden Roggenblättern. A ein oberflächlich auf der Epidermis hinwachsender Mycelfaden mm, von welchem mehrere aufrechte Conidienträger sich abzweigen, nebst einigen abgefallenen Sporen. B Unterhalb der Epidermiszellen wachsender, farbloser Mycelfaden m, welcher bei f eine Epidermiszelle querdurchbohrend nach aussen tritt, um sogleich mehrere Conidienträger zu bilden. C Querdurchschnitt durch ein Stück eines von der Schwärze stark befallenen und abgestorbenen Haferblattes. e Epidermis, m die unter derselben entwickelte gebräunte, dichtere Myceliumschicht, von welcher man einen Faden die Epidermis durchbohrend nach aussen wachsen und die Beschaffenheit von Conidienträgern f annehmen sieht. 300fach vergrössert.

Lager aus verflochtenen Hyphen, welche sich ebenfalls bräunen und oft das Zellgewebe daselbst

¹⁾ Handbuch der Pflanzenkrankheiten, pag. 344.

²⁾ FÜHLING's landwirthsch. Zeitung 1876, pag. 734.

verdrängen. — Nach SORAUER¹⁾ soll *Cladosporium herbarum* auch auf den reifenden Hülsen der Erbsen, sowie an Mohnköpfen schädlich werden können; auch hat Derselbe²⁾ beim Russthau der Hyacinthenzwiebeln, der aus *Cladosporium* besteht und an den älteren faulenden Zwiebeln Peritheciens von *Pleospora* bildet, das Eindringen der Keimschlüsse in lebendige Zwiebelschalen beobachtet.

2. Das Befallen des Rapses und Rübsens durch den Rapsverderber, *Sporidesmium exitosum*, KÜHN (*Polydesmus exitosus*, MONT.). Bei dieser durch KÜHN³⁾ genauer bekannt gewordenen Krankheit zeigen sich gewöhnlich im Juni auf allen grünen Theilen, besonders auf den jungen Schoten, kleine, schwarzgraue oder braunschwarze Flecken, die aus dem Pilze bestehen. Das umliegende Gewebe wird allmäthlich missfarbig und trocknet ein. An den Schoten hat dies zur Folge, dass sie einschrumpfen, dürr werden und leicht von selbst aufspringen, und dass, ausgenommen bei sehr spätem Befallen, auch die Samen verderben. Auf den Blättern bildet sich um die braunen Pilzflecken ein gelber oder röthlicher Hof. Die Myceliumfäden des Parasiten sind zwischen den Zellen der kranken Theile verbreitet und entwickeln sich unter der Epidermis stärker zu einem mehrschichtigen Lager; von diesem aus dringen einzelne Fäden durch die Epidermis hervor und werden zu den Conidienträgern, d. s. ziemlich kurze, braune, septirte, aufrechte Fäden, die an ihrer Spitze zunächst eine Spore abschnüren. Letztere ist im reifen Zustande spindel- oder verkehrt keulenförmig, braun und durch mehrere Querscheidewände septirt; ihre Spitze wächst oft noch auf dem Conidienträger fadenförmig weiter, um eine zweite solche Spore zu erzeugen. Indem sich das wiederholt, stehen oft mehrere dergleichen kettenförmig übereinander. KÜHN hat durch Infection mittelst der Conidien die Krankheit auf gesunde Pflanzen übertragen können. Dass der Pilz noch andere Fruchtorgane besitzt, ist nicht zu bezweifeln; KÜHN hat die Spermogonien desselben auf den Blättern angetroffen. FUCKEL⁴⁾ stellt zwar den Pilz zu *Pleospora napi*, FUCKEL, deren Perithecien er auf dünnen Rapsstoppeln im Frühlinge gefunden hat; irgend eine Begründung für die Zusammengehörigkeit hat er aber nicht beigebracht. — Auch auf den Möhren kommt derselbe Pilz, oder wenigstens eine kaum von ihm verschiedene Form vor.

3. Die Kräuselkrankheit der Kartoffeln. Wenn das Kartoffelkrüppel sein gesundes intensives Grün verliert, die Blattstiele und Blättchen meist nach unten gekrümmten, die Blättchen gefaltet oder hin und hergebogen sind und an Stengeln, Blattstieln und Blättern braune Flecken auftreten, endlich Vertrocknen der Blätter, Stockung des Wachstums und kein oder sehr mangelhafter Knollenansatz zu bemerken ist, so liegt die eben genannte, schon seit dem

¹⁾ I. c. pag. 348.

²⁾ Untersuchungen über die Ringelkrankheit und den Russthau der Hyacinthen. Berlin u. Leipzig 1878.

³⁾ Krankheiten der Culturgewächse, pag. 165.

⁴⁾ Symbolae mycologicae, pag. 136.

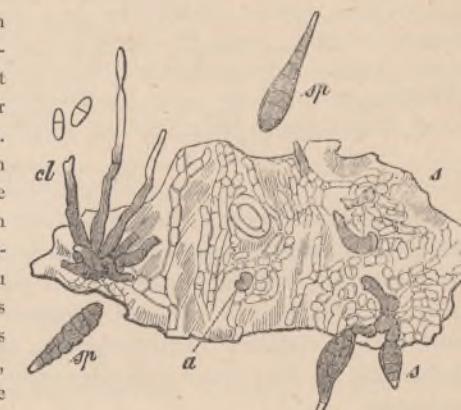


Fig. 24. (B. 112.)

Der Pilz der Herzfäule der Runkelrüben. Ein Stück abgeschnittene Oberfläche eines Runkelrübenblattes mit dem unter der Epidermis vielfach sichtbaren Mycelium, welches nach aussen Conidienträger fadenförmig hervortreibt. Diese sind zuerst *Sporidesmium putrefaciens*, FUCKEL, (bei s). Links bei cl ein älteres Räschchen von Conidienträgern, welches eine *Cladosporium*-Form darstellt; die kurzen Träger des *Sporidesmium*, die ihre Sporen bereits abgeschnürt haben, sind am Grunde noch erkennbar. sp abgefallene, reife *Sporidesmium*-Sporen. a erster Anfang eines Räschens von *Sporidesmium*, soeben aus der Epidermis hervorwachsend. 200fach vergrössert.

vorigen Jahrhundert bekannte Krankheit vor. In den gebräunten Flecken fand SCHENK¹⁾ verzweigte und septirte Myceliumfäden, welche die Gefäße und die die Gefäßbündel umgebenden Parenchymzellen durchwachsen und nahe der Oberfläche aus kürzeren braunen Zellen bestehen; aus den letzteren sprossen durch die nach aussen gekehrte Wand der Epidermiszellen die Conidienträger in Form kleiner, dunkler, borstenähnlicher Räschchen. Sie stellen eine der vorigen äusserst ähnliche *Sporidesmium*-Form dar. Ausser dieser Krankheitsform findet sich nach SCHENK noch eine zweite, bei welcher zu den genannten Symptomen noch eine gewisse glasig spröde Beschaffenheit des Stengels kommt, aber keine Pilze in demselben auftreten.

4. Bei der Herzfule der Runkelrüben, wobei im Spätsommer die Blätter stellenweise hellbraun und dann immer dunkler bis schwarz werden, vertrocknen oder faulen, findet sich im inneren Gewebe das Mycelium eines den vorigen sehr ähnlichen Pilzes, *Sporidesmium putrefaciens*, FUCKEL, dessen heraustretende Conidienträgerbüschel einen sammetartigen, olivenbraunen Ueberzug auf den kranken Theilen bilden. Zuerst bestehen die Räschchen aus kurzen, dicken Trägern, die je eine grosse *Sporidesmium*-Spore abschnüren; dann werden in demselben Räschchen längere Conidienträger getrieben, welche die Form von *Cladosporium* haben (Fig. 24.).

IV. Fusicladium.

Unter dieser Bezeichnung stellen wir hier eine Reihe von conidientragenden Pilzformen zusammen, welche auf Früchten und Blättern der Obstbäume braune oder schwarze Flecken bilden, indem auf einem in der Substanz des Pflanztheiles eingewachsenen, flachen, dünnen Lager oder Stroma von unbestimmter Form überall ziemlich dicht stehende, einfache, sehr kurze, dicke Fäden sich erheben, die an ihrer Spitze eine oder mehrere, meist ein- oder zweizellige Conidien abschnüren.

1. *Fusicladium dendriticum*, FUCKEL, (*Cladosporium dendriticum*, WALLR.) auf den Blättern des Apfelbaumes und auf den reifenden Aepfeln. Auf letzteren verursacht der Parasit die sogen. Rostflecken: ungefähr runde, schwarze, fest in der Schale eingewachsene Krusten, die oft am Rande durch eine weisse Linie gesäumt sind, während auf ihrer Mitte, wenn sie eine gewisse Grösse erreicht haben, oft braune Korkbildung tritt. Während der Aufbewahrung der reifen Aepfel vergrössern sich die Flecken im Winter durch centrifugales Wachsthum. Wie SORAUER²⁾ bereits beschrieben hat, wächst das zunächst farblose Mycelium in der Epidermis und spärlicher auch in den angrenzenden Parenchymzellen. Dann treten dickere Aeste der Mycelfäden im Innern der Epideriszellen zu einer braunen, aus einem Pseudoparenchym bestehenden Kruste zusammen. Diese nimmt weiterhin bedeutend an Stärke zu und hebt dadurch die Aussenwand der Epideriszellen ab, die dann den erwähnten weissen Saum bildet. Die zunächst darunter liegenden Zellschichten bräunen sich, und darunter entsteht Kork, der zuerst im Centrum das Stroma abstösst, während der Pilz peripherisch immer weiter greift. SORAUER hat zuerst die Conidienfructification auf diesen Pilzflecken aufgefunden, die vordem nur auf den Blättern bekannt war. Die oberflächlichen Zellen des Stroma wachsen zu den oben beschriebenen Conidienträgern aus. Sehr oft unterbleibt aber diese Bildung, und solche sterile Krusten sind bisher unter dem Namen *Spilocaea pomi*, Fr.³⁾, beschrieben worden. In diesem Falle löst sich oft das Stroma selbst in seine einzelnen rundlichen oder eckigen Zellen auf; die letzteren sind dann keimfähig (gleichsam Gemmen): in Wassertropfen isolieren sie sich und treiben einen ihre braune Membran durchbrechenden kräftigen Keimschlauch. Für die Bildung des *Fusicladium* scheint mässig feuchte Luft Bedingung zu sein. Bei noch grösserer Feuchtigkeit werden die Fäden des *Fusicladium* sehr lang, ästig, verworren und stellen einen rauchbraunen Schimmel dar, auf dem auch Conidien abgeschnürt werden. Fortpflanzungsfähig wird der Pilz also unter allen Umständen. Eine höhere Fruchtform ist nicht bekannt. — Auf den Blättern bildet der Pilz zur Herbstzeit

¹⁾ BIEDERMANN's Centralbl. f. Agriculturchemie 1875, II. pag. 280.

²⁾ Bot. Zeitg. 1875, Nr. 4 und Monatsschr. des Ver. zur Beförd. des Gartenb. i. d. kgl. preuss. Staaten 1875.

³⁾ Systema mycologicum III. pag. 504.

5. Die durch Pyrenomyceten verursachten Krankheiten.

schwarze, etwas strahlige Flecken an der Oberseite; nach SORAUER dringen hier Büschel von Conidienträgern aus der Epidermis hervor, in welcher sich auch später allmäthlich ein Stroma entwickelt.

2. *Fusicladium pyrinum*, FUCKEL, unter ganz ähnlichen Erscheinungen an den Blättern und Früchten des Birnbaumes, hier auch an den Zweigen auf dem Periderm einen »Schorf« oder »Grind« bildend, wobei die Spitzen der Triebe und die Knospen vertrocknen (vergl. SORAUER I. c.).

3. *Morthiera Mespili*, FUCKEL, ein den beiden vorigen sehr ähnlicher Pilz, der hauptsächlich durch seine eigenhümlichen Conidien sich unterscheidet: diese bestehen meist aus 4 kreuzweise verbundenen Zellen, nämlich aus zwei übereinanderstehenden, von denen die untere beiderseits zwei, bisweilen auch noch mehrere andere trägt; die Endzellen sind in eine lange steife Borste verlängert. Der Pilz bringt auf den Blättern und Zweigen von *Cotoneaster vulgaris* und *tomentosus*, *Mespilus germanica*, sowie des Birnbaumes eine von SORAUER¹⁾ genauer untersuchte, Blattbräune genannte Krankheit hervor. Die anfangs karminrothen, später braunen Flecken haben ein zeitiges Abfallen des Laubes zur Folge. SORAUER hat junge Birnblätter mit den Sporen erfolgreich inficirt. Der Keimschlauch bohrt sich in die Epidermiswand ein. In den abgefallenen kranken Blättern fand Derselbe im Winter Perithecien, eine Form von *Stigmata* oder *Sphaerella*, die er für diejenigen der *Morthiera* hält. Doch überwintert der Pilz auch an den Zweigen und Knospenschuppen in der Conidienform.

Einige andere, minder genau bekannte, ähnliche Pilze auf Obstfrüchten sind in meinen »Krankheiten der Pflanzen« erwähnt.

V. Polythrincium Trifolii, KZE.

Das Schwarzwerden des Klee's, wobei an den noch grünen Blättern unserer angebauten Kleearten ungefähr runde, bis 1 Millim. und darüber grosse, schwarze, glanzlose Flecken auftreten, wird durch einen Conidienpilz obigen Namens bewirkt. Die Flecken bestehen aus einer dichten Gruppe von Conidienträgern, welche durch die Epidermis hervorbricht; es sind dunkelbraune, durch zahlreiche Einschnürungen gegliederte Fäden, deren jeder an der Spitze eine braune, ei- oder birnförmige, durch eine Querwand ungleich zweizellige Spore abschnürt. Im Herbst bilden sich bisweilen in diesen Polstern Spermogonien (als *Sphaeria Trifolii*, PERS., bekannt). Eine Peritheciensucht ist noch nicht gefunden.

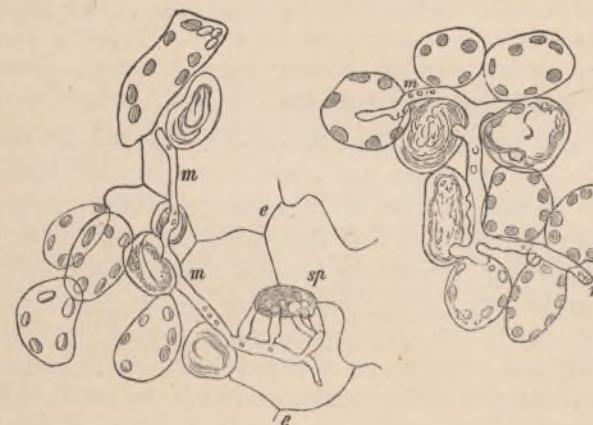
VI. Blattfleckenkrankheiten mit aus den Spaltöffnungen tretenden Conidienträgerbüscheln.

Unter diesem Titel ist hier eine Gruppe untereinander sehr ähnlicher, auf den verschiedensten Pflanzen auftretender Krankheiten zusammengestellt, die durch folgende Symptome charakterisiert sind. Meistens zur Sommerzeit erscheinen auf sonst noch lebenskräftigen Blättern weissliche, gelbe oder braune Flecken, an denen die Blattsubstanz abstirbt und vertrocknet. Anfangs verhältnissmässig klein, vergrössern sie sich allmäthlich, indem die Veränderung im ganzen Umfange centrifugal fortschreitet, so dass der Flecken an seinem Rande die Übergangszustände vom lebendigen zum abgestorbenen Blattgewebe erkennen lässt, wobei bisweilen die erste Veränderung in einer später sich wieder verlierenden Röthung der Zellsäfte besteht, der Flecken also bisweilen roth gesäumt erscheint. Im ersten Stadium der Krankheit ist äusserlich kein Pilz vorhanden, vielmehr wird das Absterben des Gewebes durch ein endophytes Mycelium bewirkt; darauf fructificirt der Pilz mit conidientragenden Fäden, welche nur aus den Spaltöffnungen

¹⁾ Monatsschr. d. Ver. z. Beförd. d. Gartenb. i. d. kgl. preuss. Staaten. Januar 1878.

der kranken Blattstelle in Form kleiner Büschel hervortreten. Diese erscheinen unter der Lupe als zerstreut stehende, weisse oder, wenn die Fäden braun gefärbt sind, als dunkle, sehr kleine Pünktchen, die zunächst auf der Mitte des Fleckens, als dem ältesten Theile, erscheinen und denen im Umkreise weitere nachfolgen in dem Maasse, als der Flecken sich vergrössert. Eine gelbe Färbung der kranken Stellen röhrt wie gewöhnlich von einer Desorganisation des Chlorophylls, eine braune Färbung von der Bräunung des Zellinhaltes und wol auch der Membranen des befallenen Gewebes her. Eine weisse Farbe hat ihren Grund in dem vollständigen Ausbleichen des Gewebes in Folge der Entleerung und Schrumpfung der Zellen und Erfüllung des Gewebes mit Luft. Kleine Blätter können von einem Flecken schliesslich ganz eingenommen werden, also vollständig vertrocknen. Grosse Blätter, die oft zahlreiche Flecken bekommen, erhalten sich eine Zeit lang, können aber je nach der Zahl und Grösse der letzteren schneller oder langsamer verderben.

Nach der Form der Conidienträger hat man diese Pilze in mehrere Gattungen (*Ramularia*, *Cercospora*, *Cylindrospora*, *Isariopsis*, *Scolecotrichum*) vertheilt, die aber einander sehr ähnlich und offenbar alle nahe mit einander verwandt sind. Es ist kaum zweifelhaft, dass sie alle als höhere, freilich keineswegs immer sich ausbildende Fruchtform Peritheciens besitzen, nach denen sie zu *Sphaerella* oder ähnlichen Pyrenomyceten gehören. Aber da die hier vereinigten Fleckenkrankheiten immer nur mit dem Ausbruch jener Conidienträger endigen, und Peritheciens, wenn sie sich bilden, immer erst an den völlig abgestorbenen und verwesenden Blättern erscheinen, so sind wir diese Conidienträger auf-



(B. 113.)

Fig. 25.

Mycelium der *Cercospora cana*, SACC., im Mesophyll von *Erigeron canadensis*. Rechts ein Mycelfaden mm mit haustorienartigen Aestchen an Mesophyllzellen sich ansetzend, deren Inhalt dann sogleich desorganisiert wird. Links ein Mycelfaden mm, unter einer Spaltöffnung sp Zweige abgebend, die sich in derselben zu einem Hyphenknäuel, als Anlage der Conidienträger verflechten. e Epidermis. 300fach vergrössert.

genötigt, diejenigen Blattfleckenkrankheiten, bei denen treten, für besondere Krankheiten zu halten und sie von denjenigen zu unterscheiden, die unter sonst gleichen Symptomen auftreten, bei denen aber statt jener Conidienträger gewisse Spermogonienformen (*Septoria*, *Depazea*, *Phyllosticta* etc.) sich zeigen. Zwar ist es auch von diesen wahrscheinlich, dass sie Vorformen von Pyrenomyceten sind, ja es ist sogar denkbar, dass dieselben Pilze, welche auf Blattflecken das eine Mal in Conidienträgern erscheinen, in anderen Fällen in Form jener Spermogonien fructificieren. Da aber das für noch kein Beweis vorliegt, so muss eben vorläufig auch die Pathologie diese Krankheitsformen trennen, womit jedoch selbstverständlich über die specifische Verschiedenheit der letzteren keine Behauptung ausgesprochen sein soll.

Dass diese Pilze die Ursache der Blattflecken sind, an denen sie auftreten, habe ich¹⁾ bei *Isariopsis pusilla* an *Cerastium triviale* und *arvense*, bei *Ramularia obovata* an *Rumex sanguineus* und bei *Cercospora cana* an *Erigeron canadensis* nachgewiesen. Sie haben ein endophytes Mycelium, welches immer in dem noch lebendigen Mesophyll rings um die abgestorbenen Theile reichlich entwickelt ist, aber nicht über diese Stelle hinausgeht, so dass jeder Blattfleck einen Pilz für sich hat. Die Mycelfäden wachsen nur zwischen den Zellen, dieselben oft reichlich umspinnend, bei *Cercospora cana* mit kurzen, haustorienähnlichen Zweigen denselben sich äusserlich fest anlegend (Fig. 25). Es lässt sich deutlich erkennen, wie erst durch die Berührung mit Pilzfäden die Zellen erkranken in der oben beschriebenen Weise. Die Entwicklung der Conidienträger besteht bei allen diesen Parasiten darin, dass die in der Nähe der Atemhöhlen der Spaltöffnungen wachsenden Hyphen Zweige abgeben, die alle gegen die Spaltöffnung sich wenden und unter derselben zu einem runden Knäuel sich verflechten, der an Umfang zunehmend sich von unten in die Spaltöffnung einpresst und die Schliesszellen auseinander drängt, die dabei bisweilen absterben und undeutlich werden (Fig. 26). Aus dem in der erweiterten Spaltöffnung liegenden Scheitel des Hyphenknäuels sprosst dann das Büschel der Conidienträger hervor. Zu dieser Entwicklung ist ein gewisser Feuchtigkeitsgrad der Luft nothwendig. Bei *Ramularia obovata* auf *Rumex sanguineus* konnte ich in trockener Luft die Bildung der Conidienträger auf den Hyphenknäueln wochenlang zurückhalten, während trotzdem das Mycelium im Blatte weiter wuchs und die kranken Flecken vergrösserte. Die erwähnten Hyphenknäuel sind (an *Cercospora cana* beobachtet) die Anfänge der Peritheciens, die sich später, nachdem die Conidienträger verschwunden sind und das Blatt auf der Erde allmählich verwest, ausbilden. Mit allen drei genannten Pilzen habe ich erfolgreiche Infectionversuche an ihren Nährpflanzen angestellt. Die Conidien sind sofort nach ihrer Reife keimfähig; sie treiben einen langen, ziemlich dünnen, scheidewandlosen Keimschlauch, welcher, wenn die Sporen auf gesunde Blätter gesät worden sind, meist ohne Zweigbildung und ohne erhebliche Richtungsänderung auf weite Strecken über die Epidermis hinwächst. Trifft die Spitze auf eine Spaltöffnung, so ändert sich das Wachsthum des Keimschlauches, indem er unter kleinen Schlängelungen, oft auch unter dichotomer Verzweigung und netzförmiger Anastomosirung der Zweige die Schliesszellen überspinnt und auch in die Spalte sich einsenkt; von dort kann er sich durch die Atemhöhle ins Innere fortsetzen. An den besäten Blattstellen treten binnen etwa zwei Wochen die charakteristischen Erkrankungen des Gewebes ein.

Die Zahl der bekannten Formen dieser Pilze ist eine sehr grosse; von ihrer Aufzählung muss hier Abstand genommen werden. Ein hervorragenderes Interesse möchten als auf Culturpflanzen vorkommend etwa beanspruchen: *Cercospora Vitis*, SACC., (*Cladosporium viticolum*, CES.) auf den Blättern des Weinstockes, *Cercospora Apii*, FRES., auf *Apium graveolens* und *Petroselinum sativum*; *Scolecotrichum graminis*, FUCKEL, auf Blättern verschiedener Gräser.

VII. Blatt- und Fruchtflecken mit conidientragendem Stroma.

Eine Gruppe parasitärer Pilze, welche auf kranken Flecken von Blättern und Früchten vorkommen, ist charakterisiert durch ein unbedeutendes, dünnes, in der Substanz des Pflanzenteiles sich bildendes Stroma, welches nach Zerstörung oder Durchbrechung der Epidermis seine an der Oberfläche durch Abschnürung entstehenden Sporen hervortreten lässt.

1. Die Schwindpocken, der schwarze Brenner oder das Pech der Reben oder die Anthracnose. Bei dieser Krankheit des Weinstockes bilden sich auf allen grünen Theilen,

¹⁾ FRANK, Bot. Zeitg. 1878, Nr. 40.

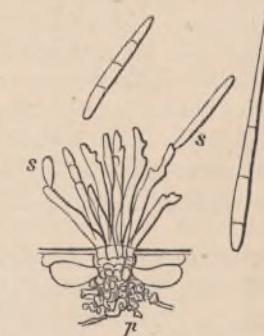


Fig. 26. (B. 114.)

Conidienträgerbüschel von *Cercospora cana*, SACC., auf *Erigeron canadensis*. Durchschnitt durch die Epidermis an einer Spaltöffnung, unter welcher das Mycelium einen Fadenknäuel p gebildet hat, aus welchem die Fruchthypen durch die Spaltöffnung hervorsprossen. Bei s Conidienabschnürung. 300fach vergrössert.

Blättern, Blattstielen, Internodien und Ranken sowol wie Beeren, braune, etwas vertiefe, mit einem dunkleren, wulstigen Rande versehene Flecken, welche anfangs sehr klein sind und allmählich an Umfang zunehmen, wobei sie gewöhnlich im Umriss abgerundete Ausbuchtungen mit spitzen Winkeln dazwischen zeigen. Die braune Mitte ist vollständig abgestorben, so dass das Blatt hier endlich durchlöchert werden kann. Wenn die Flecken an den jungen Triebspitzen erscheinen, so werden diese sammt ihren jungen Blättern schnell zerstört. Schon fester gewordene Theile widerstehen zwar länger, aber die Flecken fressen hier nicht nur im Umfange weiter, sondern auch nach innen, so dass das Gewebe bis ans Holz cariös wird, und die Stengel endlich absterben können. Ebenso werden die Beerenansätze durch die Krankheit zerstört. Nach MEYEN¹⁾ ist schon in den 30er Jahren in den Gärten in der Nähe von Berlin eine Krankheit des Weinstockes überaus verderblich aufgetreten, welche nach der gegebenen Beschreibung wahrscheinlich dieselbe gewesen ist, wie die, über welche wir neuerdings durch DE BARY²⁾ genauer unterrichtet worden sind, und in den letzteren Jahren ist man beinahe in allen weinbauenden Ländern auf dieselbe aufmerksam geworden. Der Pilz, welcher den Brenner verursacht, *Sphaceloma ampelinum*, DE BY. bildet sehr feine Fäden, die sich zuerst in der Außenwand der Epidermiszellen verbreiten, dann auch an die Oberfläche treten und sich hier zu dichten Knäueln verflechten, auf denen ein Büschelchen kurzer, dicker Aestchen als Conidienträger getrieben wird, die auf ihrer Spitze kleine, ellipsoidische, farblose Sporen abschnüren. Diese werden durch Thau und Regen verbreitet. DE BARY hat sie mit Wassertropfen auf gesunde, grüne Rebentheile gebracht, wo sie keimten, ihre Keimschläuche eindrangen und nach etwa 8 Tagen an den besäten Punkten wieder die charakteristischen Flecken erzeugten. Nach CORNU³⁾ wird an den Stengeln die äussere Lage des jungen Korkes befallen, es bildet sich ein gebräunter abgestorbener Flecken, der später im Centrum weiss oder grau wird, abgestorbene Gewebe zeigt und endlich zerreißt. Das darunter liegende lebende Gewebe erleidet Wachsthum und Theilung der Zellen, und eine Korklage sucht die cariösen Stellen abzugrenzen. Die Markstrahlen zeigen fächerförmige Streckung; das Holz verändert sich nur insofern als das Cambium unregelmässige Contour bekommt. Auch unter den gebräunten Stellen der Epidermis der Beeren sucht sich eine Korkschicht zu bilden.

Ueber mehrere in den letzten Jahren unter verschiedenen Namen aufgetauchte Pilze, die mit dem eben beschriebenen identisch zu sein scheinen oder in den Entwicklungsgang desselben gehören könnten, vergleiche man meine »Krankheiten der Pflanzen.«

2. *Gloesporium*, DESM. et MONT. Die Pilze dieser Gattung haben ein punktförmig kleines, flaches Stroma, welches sich unterhalb der Epidermis bildet; letztere zerreißt dann über demselben in einzelnen Lappen, worauf die Sporen als eine gallertartige Masse hervorquellen. Das Stroma besteht nur aus den zahlreichen, dicht beisammenstehenden, kurzen Basidien, deren jede eine ei-, birn- oder cylinderförmige, einzellige, farblose Spore abschnürt. Gewöhnlich stehen mehrere solcher bräunlicher oder hell lachsfarbener Sporenlager auf einem kranken Flecken. Man kennt eine Anzahl Formen auf Blättern und auf Früchten; besonders sind in England mehrere derartige Pilze neuerlich auf Gurken und Melonen, Pfirsichen, Aprikosen und Äpfeln als schädlich beobachtet worden⁴⁾.

3. Pilze aus derselben Verwandtschaft sind noch: *Septosporium curvatum*, RABENH., welches nach A. BRAUN⁵⁾ hellbraune, dürre Flecken an den Blättern der Robinien erzeugt, *Hymenula Platani*, LÉV., welche ein Morschwerden der Blattrippen und zeitiges Abfallen der Blätter von *Platanus orientalis* bewirkt, und *Steirochaete Malvarum*, A. BR. et CASP., welche CASPARY und A. BRAUN (l. c.) bei einer Fleckenkrankheit der Blattstiele und Stengel der Malven gefunden haben.

¹⁾ Pflanzenpathologie, pag. 204.

²⁾ Bot. Zeitg. 1874, pag. 451.

³⁾ Soc. bot. de France, 26. Juli 1878.

⁴⁾ Vergl. BERKELEY, Gardener's Chronicle 1859, pag. 604; 1856, pag. 245; 1876. II. pag.

175 etc.

⁵⁾ Ueber einige neue oder weniger bekannte Pflanzenkrankheiten. Berlin 1854.

VIII. Blatt- und Fruchtflecken mit Spermogonien oder Pykniden.

Auf Blättern und Früchten kommen Fleckenkrankheiten von ganz derselben Beschaffenheit vor, wie die im Vorhergehenden aufgeführten, aber die begleitenden Pilze sind keine Conidienträger, sondern Spermogonien, beziehentlich Pykniden, welche dem unbewaffneten Auge als feine, schwarze Pünktchen auf den Blattflecken erscheinen. In der Mycologie werden diese Formen mit dem Gattungsnamen *Depazea*, *Ascochyta* oder *Phyllosticta*, *Septoria*, *Phoma* und *Dilophospora* bezeichnet. Von ihrer muthmasslichen Beziehung zu den blattfleckenzwehenden Conidienformen und ihrer wahrscheinlichen Zugehörigkeit zu Peritheciens (*Sphaerella*-Formen), die während der Verwesung der befallenen Pflanzenteile oft sich bilden, ist oben bereits die Rede gewesen.

Man weiss seit H. v. MOHL¹⁾, dass bei der Fleckenkrankheit der Maulbeerblätter die Myceliumfäden der *Septoria Mori*, LÉV. in den Intercellulargängen der kranken Blattflecken wachsen und die Spermogonien unter der Epidermis durch Zusammentreten zahlreicher Fäden sich bilden. An einer auf *Stellaria media* schmarotzenden *Ascochyta* finde ich die Entwicklung ganz analog den conidientragenden blattfleckenzwehenden Pilzen: die zahlreichen Myceliumfäden nur in den Intercellulargängen und die Spermogonien aus zahlreichen verflochtenen Fäden in den Athemhöhlen der Spaltöffnungen sich bildend, aus welchen das Haarbüschel hervorragt, welches die Mündung dieser Kapseln umgibt. Die Bedeutung dieser Spermogonien ist unbekannt; ihre Keimung gelingt entweder nicht, oder wo es der Fall ist, hat man doch nicht den Pilz wieder daraus erzeugen können.

Von der ausserordentlich grossen Zahl dieser Pilze seien hier außer den genannten nur noch erwähnt: *Dilophospora graminis*, DESM., an verschiedenen Gräsern, früher in Frankreich²⁾ auf Roggen, in England³⁾ auf Weizen beobachtet, *Phoma Hennbergii*, KÜHN⁴⁾, an den Spelzen des Weizens, *Ascochyta Fragariae*, LASCH, auf weissen, dunkelroth gesäumten Flecken der Erdbeerblätter, *Depazea pyrena*, RIESS, auf weissen, braungeränderten Flecken der Birnbäume.

Ausser den oben genannten Gattungen gibt es noch einige etwas abweichende Spermogonien- oder Pyknidenformen, welche ähnliche krankhafte Zustände an Blättern veranlassen. Von diesen sei wegen seiner heftigen Wirkung hier noch erwähnt *Asteroma Padi*, DC. (*Actinonema Padi*, FR.), welches an *Prunus Padus* eine vollständige Verderbniss der Blätter bewirkt. Von irgend einem Punkte der Oberseite des noch grünen Blattes aus verbreitet sich der faserige, strahlig gelappte, graue oder bräunliche, scheinbar oberflächliche, der Blattmasse fest anhaftende Pilz ringsum. In der Mitte der befallenen Stelle wird die Blattmasse braun, trocken, schrumpft und zerbröckelt, und der Pilz hört nicht eher zu wachsen auf, bis er das ganze Blatt eingenommen und zerstört hat. Das eigentliche Mycelium befindet sich im Innern des Blattes, die Faserschicht an der Oberfläche wächst zwischen der Epidermis und der Cuticula; sie besteht aus ziemlich starken Fäden, die in einfacher Schicht einer am andern liegen, alle in radialer Richtung laufen und dichotom sich verzweigen. An zahlreichen Punkten entstehen auf dieser Schicht die sehr flachen, von der abgehobenen Cuticula zunächst noch bedeckt bleibenden Spermogonien, deren längliche Spermatien zuletzt durch ihre Anhäufung die Cuticula durchbrechen. In ganz ähnlicher Weise erscheinen *Asteroma radiosum*, FR., (*Actinonema rosae*, FR.) auf Rosenblättern, sowie noch mehrere andere Arten auf anderen Nährpflanzen.

¹⁾ Bot. Zeitg. 1854, pag. 761.

²⁾ Vergl. Desmazieres in Ann. des sc. nat. 2. sér. T. XIV.

³⁾ Vergl. Bot. Zeitg. 1863, pag. 245.

⁴⁾ RABENHORST, Fungi europaei, Nr. 2261.

IX. Blattflecken mit einfachen Peritheciensformen.

Es gibt einige endophytic Pyrenomyzeten, welche in der Form einfacher Peritheciens auf lebenden Pflanzenteilen auftreten. So kennt man mehrere Blattfleckenkrankheiten von der oben (pag. 497) charakterisierten Art, welche statt wie gewöhnlich von Conidienträgern oder Spermogonien von Peritheciens der Gattung *Sphaerella* begleitet sind, wie z. B. bei *Sphaerella Polypodii*, FUCKEL, auf *Polypodium vulgare*, *Pteris aquilina*, *Aspidium filix mas* etc. Ebenso treten die kleinen halbkugeligen, in kleinen schwarzen Trupps stehenden Peritheciens von *Stigmataea* auf der Epidermis von Blättern auf, welche früher oder später an diesen Punkten sich gelb färben, z. B. *Stigmataea Chaetomium*, FR., auf den Blättern der Brombeer- und Himbeersträucher. *Gnomonia fimbriata*, FUCKEL, bildet seine mit nadelförmigen langen Hälsen vorstehenden Peritheciens auf der Unterseite der Blätter von *Carpinus Betulus* in kleinen schwarzen Gruppen, in deren Umgebung die Blattmasse gebräunt wird. Weitere hierher gehörige Parasiten sind in meinen »Krankheiten der Pflanzen« besprochen.

X. Pyrenomyzeten als Ursache von Holzgeschwülsten.

1. Der Holzkropf von *Populus tremula*. Nach THOMAS¹⁾ kommen in Thüringen an den Stämmen und Zweigen der Zitterpappel Anschwellungen von meist Haselnuss- bis Taubeneigröße vor, die eine vieljährige Entwicklung haben. Die ersten Anfänge in der Grösse von etwa 1 Millim. Durchmesser, die an zweijährigen Zweigen gefunden wurden, bestehen in kleinen Anschwellungen des Rindengewebes. Dann tritt auch eine Hypertrophie des Holzkörpers ein. Später kann die verdickte Holzstelle durch Verwitterung der darüber liegenden Rinde freigelegt werden. Von den ersten Entwicklungsstadien an bemerkt man auf der Oberfläche der Anschwellungen kleine schwarze Punkte, die Mündungen von Pykniden, welche länglich elliptische Sporen enthalten, eine Form von *Diplodia* darstellen. Das Mycelium findet sich im hypertrophen Rindegebebe. THOMAS hält diesen Pilz wegen seines ausnahmslosen Vorkommens in den Geschwülsten für die Ursache derselben.

2. Ein ähnliches Mycoecidium ist in Amerika unter dem Namen »black Knot« an den Kirsch- und Pflaumbäumen bekannt. Diese knotenartigen Geschwülste werden durch die *Sphaeria morosa*, SCHW., verursacht. Das Mycelium derselben ist nach FARLOW²⁾ in allen zu finden; es beginnt sein Wachsthum im Cambium, welches dadurch zu einer Hypertrophie veranlasst wird. In dieser Wucherung ist der Unterschied zwischen Holz und Rinde aufgehoben, indem sie aus einem parenchymatösen Gewebe gebildet ist, in welchem die Mycelstränge sich befinden. Die Früchte des Pilzes (*Cladosporium*-Conidienträger, Spermogonien, Pykniden und Peritheciens) kommen auf den Geschwülsten zur Entwicklung.

XI. Der Wurzeltödter, *Rhizoctonia*.

Wir haben es hier mit Schmarotzern auf Wurzeln und anderen unterirdischen Organen zu thun. Ein stark entwickeltes, meist faserig-häutiges, violett gefärbtes Mycelium überzieht die lebenden Wurzeln oder andere unterirdische Theile vollständig und tödtet sie.

¹⁾ Verhandl. des bot. Ver. d. Prov. Brandenburg 1874, pag. 42.

²⁾ Referat in JUST bot. Jahresber. für 1876, pag. 181.

5. Die durch Pyrenomyzeten verursachten Krankheiten.

1. Der Wurzeltödter der Luzerne (*Rhizoctonia Medicaginis*, DC., *Rh. violacea*, TUL., *Byssothecium circinans*, FUCKEL). In Frankreich und im westlichen Deutschland kommt häufig auf den Luzernefeldern eine verheerende Krankheit vor, bei welcher die Pflanzen ohne zuvor etwas Krankhaftes zu zeigen, gelb werden, welken und unaufhaltsam absterben. Das Uebel beginnt an einzelnen Punkten und verbreitet sich von diesen aus ringsum immer weiter, so dass grosse, kreisrunde Fehlstellen entstehen. Als nächste Veranlassung des Absterbens der Pflanzen stellt sich eine Verderbniss der Wurzeln heraus. Die Pfahlwurzel und alle ihre Verzweigungen bis zu den feinsten Aestchen sind ganz überzogen von einem violetten, fein faserig-häutigen Pilz, von welchem auch Fasern und dicke Faserstränge abgehen und zwischen den die Wurzel umgebenden Erdtheilchen sich verlieren. Die befallenen Wurzeln sind weich und welche oder bereits getödtet und werden bald morsch und faulig. In den äusseren Zellen der Korkschicht und an der Oberfläche derselben ist eine dicht verfilzte Masse braun-violetter Fäden entwickelt, hier reichlicher, dort spärlicher; nach aussen sind die Fäden nur locker verflochten, sie umhüllen hier wie eine dünne Watte den Wurzelkörper. Ihre Dicke beträgt 0,0045 bis 0,009 Millim.; sie sind mit Querscheidewänden versehen, verzweigt und haben mässig starke, violette Membranen. Im Innern der Wurzel ist ein Mycelium zu finden, dessen farblose, zwei bis drei Mal dünne Fäden zwischen den Zellen und quer durch dieselben wachsen. Sie sind besonders im Rindegebebe verbreitet, und an vielen Stellen ist ihr Zusammenhang mit dem äusseren violetten Mycelium zu erkennen. Wo nämlich die violetten Fäden tiefer in das Gebebe eindringen, verlieren sie ihre Färbung und werden dünner. Der violette Pilz ist daher nur der oberflächlich entwickelte Theil des Parasiten, in welchem unter gewissen Umständen auch Fruchtbildung stattfindet. Nach FUCKEL sind die dichteren, weichen, kugeligen Wärzchen, die häufig in dem violetten Ueberzuge auftreten, Anfänge von Pykniden, welche im reifen Zustande längliche, vierfachige, violette Sporen entlassen. Auch Peritheciens hat FUCKEL gefunden, und zwar im Herbste an den schon ganz in Fäulniß übergegangenen durch die *Rhizoctonia* getöteten Wurzeln; ihre Sporenschläuche enthalten je 8 länglich-eiförmige, vierzellige, violette Sporen. Hiernach ist der Pilz mit dem Gattungsnamen *Byssothecium* unter die Pyrenomyzeten aufgenommen worden. Ueber das Schicksal dieser Sporen und über die erste Entwicklung des Pilzes auf dem Acker liegen keine zuverlässigen Beobachtungen vor. Ob zur Ueberwinterung des Pilzes im Boden Theile des alten Myceliums genügen oder ob dazu die Sporen erforderlich sind, ist unbekannt. Gewiss ist nur, dass der Pilz, wenn er einmal vorhanden ist, unterirdisch durch sein Mycelium sich auf benachbarte gesunde Pflanzen verbreitet und diese ebenfalls tödtet. Erfolgreiche Mittel zur Vertilgung der Krankheit besitzen wir bis jetzt nicht. Um die Weiterverbreitung des Pilzes zu verhindern, empfiehlt es sich, rings um die verwüsteten Stellen Gräben zu ziehen, von der Tiefe der Wurzeln. Weitere Fingerzeige zur Bekämpfung des Uebels würde die Beantwortung der Frage liefern, wie lange der Pilz an den Wurzelresten im Boden lebendig bleibt, und ob er außer der Luzerne noch andere Nährpflanzen hat. Hinsichtlich der letzteren Frage sind die nachfolgenden Bemerkungen zu berücksichtigen.

Dem Wurzeltödter der Luzerne gleiche oder sehr ähnliche Pilze von gleich verderblicher Wirkung sind auf einer Reihe anderer Pflanzen, und zwar nur in der Mycelform bekannt. TULASNE¹⁾ hält alle diese für ein und dieselbe Species und hat daher für alle den Namen *Rhizoctonia violacea*. Doch fehlt dafür bis jetzt der sichere Nachweis, so lange man die Früchte derselben nicht kennt und keine Versuche vorliegen, sie von der einen Nährspecies auf eine andere zu übertragen. TULASNE hat den Wurzeltödter auch beobachtet an Rothklee, *Ononis spinosa*, Spargel, *Sambucus Ebulus*, *Rubia tinctorum*, sowie an den Wurzeln der Orangenbäume, KÜHN²⁾ fand ihn unter den gleichen Symptomen auf Fenchel, Möhren und anderen Umbelliferen, Zucker- und Futterrüben und an den Knollen der Kartoffeln. Ferner ist mit diesem Pilz sehr nahe verwandt der Safrantödter (*Rhizoctonia Crocorum*, DC., *Rh. violacea*, TUL.), der schon im vorigen Jahrhundert auf den Safranfeldern Süd-Frankreichs grosse Verheerungen anrichtete. Genaueres über diese und andere Rhizoctonien auf Zwiebelgewächsen s. in meinen »Krankheiten der Pflanzen«.

Mit dem Namen Pockenkrankheit der Kartoffeln ist von KÜHN (l. c.) eine ähnliche

¹⁾ Fungi hypogaei, pag. 188.

²⁾ Krankheiten der Culturgewächse, pag. 224.

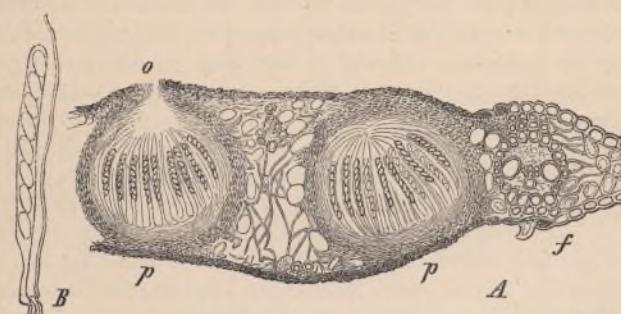
Pilzbildung an Kartoffelknollen belegt worden, bei welcher an einzelnen Stellen stecknadelkopfgroße oder etwas grössere, anfangs weissliche, später dunkelbraune Pusteln auf der Schale auftreten. Dieselben haben den Bau von Sclerotien: von ihrer Oberfläche aus ziehen sich einzelne, braune, septirte, Myceliumfäden auf der Schale hin. Eine Beschädigung der Knolle findet außer dem Unansehnlichwerden nicht statt. Der von KÜHN *Rhizoctonia Solani* genannte Pilz scheint von der *Rhizoctonia violacea* verschieden zu sein; über seine weitere Entwicklung ist nichts bekannt.

XII. Zusammengesetzte Pyrenomyceten.

Bei den sogen. zusammengesetzten Pyrenomyceten sitzen die Peritheciens nicht unmittelbar auf dem Mycelium, sondern in einem gemeinschaftlichen grösseren Fruchtkörper (Stroma), welcher wieder von sehr verschiedener Form und Beschaffenheit sein kann und die oft in grosser Zahl vorhandenen Peritheciens bald auf seiner Oberfläche, bald im Innern eingesenkt bildet. Nach den Verschiedenheiten dieses in der Abhandlung »Pilze« eingehend behandelten Fruchtbauens werden bekanntlich die Gattungen eingeteilt. Als Parasiten auf Pflanzen kommen hier die Gattungen *Phyllachora*, *Polystigma*, *Epichloë*, *Nectria* und *Claviceps* in Betracht.

I. *Phyllachora*. Die Krankheitserscheinung, welche das Auftreten der hier gehörigen Parasiten an lebenden Blättern bedingt, kann als Blattschorf bezeichnet werden. Das Stroma stellt eine tiefschwarze, mehr oder weniger glänzende, in der Substanz des Blattes befindliche, wenig erhabene Kruste von unbestimmtem Umriss und verschiedener Grösse dar. Es wird gebildet aus zahlreichen, zusammenhängenden feinen Pilzfäden, welche zwischen und in den Zellen des Gewebes wachsen und dadurch das letztere, mit Ausnahme der Fibrovasalstränge verdrängen, so dass an Stelle des Gewebes das Stroma tritt (Fig. 27). Alle Grenzen des letzteren sind durch eine Schwärzung der Pilzfäden bezeichnet. Die schwarze Grenzschicht liegt entweder innerhalb der Epidermis oder unterhalb derselben. In dem Stroma befinden sich in einer einfachen Schicht nebeneinander sphärische

Kammern fast von derselben Dicke wie das Stroma, deren jede eine ebenfalls aus gebräunten Fäden bestehende dunkle Wand und eine porenlöse Oberfläche des Stroma liegende Mündung hat. Es sind die Peritheciens, welche mit Paraphysen gemengte Sporenschläuche mit je 8 länglichen oder eiförmigen, farblosen



(B. 115)

Fig. 27.

Phyllachora graminis, FUCKEL. A Querdurchschnitt durch das in der Blattsubstanz entwickelte an seiner Oberfläche (dem in der Epidermis liegenden Theile) geschwärzte Stroma; der Schnitt ist durch zwei im Stroma nebeneinanderliegende Peritheciens pp gegangen. o Mündung des einen Peritheciens. f Fibrovasalstrang. 200fach vergrössert. B Ein Ascus und ein Paraphysen aus einem Peritheciens. 500fach vergrössert. ihre Sporen enthält. Die mit Blattschorf bedeckten Theile verlieren vorzeitig grüne Farbe und sterben ab.

Phyllachora graminis, FUCKEL (*Dothidea graminis*, FR.), bildet den Blattschorf auf den Grasblättern, besonders auf *Triticum repens*, *Aira flexuosa* (hier wegen der schmalen Blätter eine

5. Die durch Pyrenomyceten verursachten Krankheiten.

ringsum gehende Verdickung bildend), *Poa*-Arten etc. — *Ph. Pteridis*, FUCKEL, (*Dothidea Pteridis*, FR.), den ganzen Wedel des Adlerfarns befallend, der dann zeitig gelb wird und auf der Unterseite sämtlicher Fiederchen wie schwarz bemalt aussieht durch die regelmässig länglichen schwarzen Flecken, welche zwischen den von der Mittelrippe gegen den Rand laufenden Seitennerven liegen. — *Ph. betulina*, FUCKEL, (*Dothidea betulina*, FR.), rundliche schwarze Schorfe an der Oberseite der Birkenblätter bildend. — *Ph. Ulmi*, FUCKEL (*Dothidea Ulmi*, FR.), in gleicher Weise an den Rüstern.

II. *Polystigma rubrum*, TUL., (*Dothidea rubra*, FR.) ist die Ursache der Rothflecken der Pflaumenblätter. Im Sommer kommen häufig auf den Blättern der Pflaumen-Arten und des Schwarzdornes grosse, fleischige, feuerrothe Flecken vor, welche das Stroma des genannten Pilzes sind. Dasselbe wird hier vom Blattgewebe und vom Pilz zugleich gebildet. Die Epidermis bleibt unversehrt erhalten und das Mesophyll wird durch Hypertrophie zu einem parenchymatösen, von den Fibrovasalsträngen durchzogenen Gewebe, dessen Zellen chlorophylllos sind und welches reichlich von den Pilzfäden durchwuchert ist. An der Unterseite des Blattes zeigt das Stroma zahlreiche sehr feine Pünktchen, die Mündungen der in demselben liegenden Spermogonien, welche in kleinen Schleimtröpfchen ihre fadenförmigen, hakenförmig gekrümmten Spermatien aussenden. Dies geschieht schon auf dem lebenden Blatte. Peritheciens bilden sich aber hier erst an dem abgefallenen Laub, wo das Stroma dann braun geworden ist und die Spermogonien verschwunden sind. Sie stellen ebenfalls Kammern im Innern des Stroma dar, die durch eine enge Mündung sich nach aussen öffnen; sie enthalten in keulenförmigen Schläuchen je 8 länglichrunde, farblose Sporen. Ueber die Entwicklung des Pilzes aus seinen Sporen ist nichts bekannt.

III. *Epichloe typhina*, TUL., (*Dothidea typhina*, FR.). Auf verschiedenen Gräsern, besonders am Timotheegras (*Phleum pratense*), an *Dactylis glomerata*, *Poa nemoralis* etc. zeigt sich dieser Schmarotzer unter folgenden Symptomen. An den jungen, noch nicht blühenden Halmen bekommt die Scheide des obersten Blattes, welches die jüngsten Blätter noch umhüllt, ringsum in ihrer

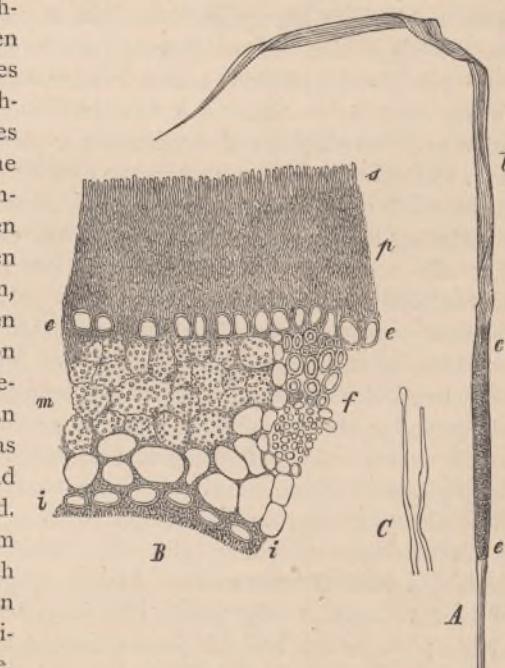


Fig. 28.

(B. 116.)

Stroma der *Epichloe typhina* auf der obersten Blattscheide von *Phleum pratense*. A der obere Theil des ersticken Halmes mit dem letzten entwickelten Blatte b, auf dessen Scheide das Stroma ee entstanden ist. B Stück eines Durchschnittes durch ein solches Stroma von *Agrostis vulgaris*; m das vom Mycelium durchwucherte Blattgewebe, f Fibrovasalstrang, ii die Epidermis der Innenseite der Scheide, zwischen deren Zellen das Mycelium nach den inneren Theilen der Knospe dringt. ee Epidermis der Aussenseite der Scheide, zwischen den Zellen derselben wächst das Mycelium hervor, um sich zu dem Stroma p zu entwickeln, dessen Fäden an der Oberfläche ein conidienabschüttendes Hymenium s bilden. C Zwei conidienbildende Fadenenden. 500fach vergrössert.

ganzen Länge ein weissliches Aussehen

und verdickt sich allmählich zu einer anfangs weissen, später goldgelb, endlich rothbraun werdenden Walze (Fig. 28). Das Wachsthum der ganzen von dieser Scheide umhüllten Triebspitze kommt in der Regel zum Stillstand, und da nun inzwischen das oberste Blatt, welches zu der erkrankten Scheide gehört, verwelkt und verdirbt, so trägt der Halm eigentlich nur jenen walzigen Körper und sieht daher einem kleinen Rohrkolben nicht unähnlich. Dieser Körper ist ein Pilzstroma. Auf dem Querdurchschnitt zeigt sich das Zellgewebe der Scheide und der von ihr umhüllten jüngeren Theile ziemlich deutlich erhalten, aber durchwuchert von einer Menge Pilzfäden, die vorzugsweise zwischen den Zellen wachsen. Sie dringen aus der äusseren Scheide in die inneren Theile hinüber, und stellenweise sind die Zwischenräume von einer dicht verfilzten Masse von Pilzfäden ausgefüllt. Die mächtigste Entwicklung erreicht der Pilz an der Aussenfläche der Scheide: die Fäden treten, die Epidermiszellen auseinander drängend, aber ohne sie undeutlich zu machen, überall hervor und vereinigen sich hier zu einem Filzgewebe, welches als eine fleischige, weisse Hülle das Ganze bedeckt. Dieser Pilzmantel wird immer dicker, weil seine vorwiegend in radialer Richtung stehenden Fäden an ihren äusseren Enden wachsen und durch Verzweigung sich vermehren. Die äussersten kleinen Aestchen der Fäden des Stroma schnüren kleine, eiförmige Conidien ab. Dieses Conidienlager verliert sich nach einiger Zeit, und die Oberfläche bedeckt sich nun mit den zahlreichen, dicht nebeneinanderstehenden, gelblichen, fast kugelrunden Peritheien, die schon im Sommer auf den lebenden Pflanzen ihre Reife erreichen. Sie enthalten achtsporige Schläuche mit cylindrischen Sporen. *DE BARY*¹⁾ hat nachgewiesen, dass das Mycelium vom Grunde der Graspflanze aus im Halme, und zwar in den Intercellulargängen des Markes emporsteigt. Ob es in den perennirenden Theilen der Pflanze überwintert, ist unbekannt. Auch über das Schicksal der beiderlei Sporen weiss man nichts.

IV. *Nectria*. Die fleischigen, hochrothen oder grünlichen Peritheien dieser Gattung sitzen selten einzeln, häufiger zu mehreren beisammen auf der Oberfläche eines kleinen, warzenförmigen Stroma. Als conidientragende Form gehört zu diesen Pilzen diejenige, die als *Tubularia*, beziehentlich *Chaetostroma* bezeichnet wird. Dieselbe bildet kleine, meist rothe, wärzchenförmige Stromata, auf denen Conidien abgeschnürt werden. Die Peritheien werden nicht immer gebildet; wo es der Fall ist, folgen sie den Conidienfrüchten nach. Man kennt von dieser Pilzgattung viele Formen, welche auf abgestorbenem Holze saprophyt wachsen. Es könnte aber hier das auch anderwärts bestehende Verhältniss vorliegen, dass manche dieser Pilze je nach Umständen bald einer saprophyten, bald einer parasitären Ernährung fähig, im letzteren Falle die Ursache des Krankheitszustandes sind, in dessen Begleitung sie auftreten.

1. *Nectria ditissima*, TUL., ist nach R. HARTIG die Ursache einer Art des Rothbuchenkrebses, welcher an jungen, bis zu zehnjährigen, Stämmen gefunden wird. Das Mycelium perennirt in Rinde- und Bastgewebe der Krebsgeschwulst und breitet sich in demselben weiter aus; da dies aus verschiedenen Gründen unregelmässig geschieht, so wird die Geschwulst dem entsprechend unregelmässig. Aus der Rinde der befallenen Theile brechen die zahlreichen rothen Polster hervor, die entweder *Tubularia* oder *Nectria*-Früchte sind. Nach den Erfolgen der Infectionen die R. HARTIG mit den Ascosporen der letzteren Früchte in Rindewunden anstellte, ist an der parasitären Wirkung des Pilzes nicht zu zweifeln.

2. *Nectria Rousseliana*, TUL., erscheint bei einer Dürre der Buchsbaumtriebe, wobei

¹⁾ Flora 1863, pag. 401.

auf der Unterseite der Blätter die kleinen, fleischrothen, conidientragenden Polster der *Chaetostroma Buxi Corda* auftreten, aus denen später meist je ein grünliches weichfleischiges Perithecium hervorwächst.

3. Eine Stammfäule der Pandaneen, welche in einer Erweichung des Gewebes unter dem Ansatz der Blätterkrone besteht, in deren Folge letztere sich umneigt, wird nach SCHRÖTER durch einen Pilz verursacht, dessen Mycelium in dem erkrankten Gewebe und in den angrenzenden Parthien verbreitet ist. Es zeigte sich dabei eine Reihe verschiedener Pilzfrüchte, und zwar ein *Melanconium*, eine *Stillospora*, eine *Tubularia*, ein *Verticillium* und eine *Nectria*. Ob alle diese Formen zusammengehören, was schon aus mycologischen Gründen unwahrscheinlich ist, und welcher Pilz als eigentliche Ursache der Fäule zu betrachten ist, bleibt noch zu entscheiden.

V. *Claviceps purpurea*, TUL. Der Pilz des Mutterkorns. Mutterkorn ist eine aus einem Pilz bestehende krankhafte Bildung in den Blüthen zahlreicher Gramineen und Cyperaceen, die hauptsächlich am Roggen allgemein bekannt ist. Man versteht darunter einen unregelmässig walzenförmigen, schwach hornförmig gekrümmten, der Länge nach mehr oder weniger gefurchten, schwarzen, inwendig weissen, wachsartig harten Körper, welcher an Stelle des verdorbenen Kornes steht und mehr oder weniger weit aus den Spelzen hervorragt. Seine Grösse steht in einem gewissen Verhältniss zu derjenigen der Blüthenspelzen, er ist um so kleiner je kleiner die Blüthe ist, daher bei den einzelnen Gräsern von sehr ungleicher Grösse. Mutterkorn ist schon auf so vielen Gramineen gefunden worden, dass es fast scheint, als gäbe es nur wenige Gattungen, wo solches nicht vorkommt; im Getreide ist es zwar auf Roggen weitaus am häufigsten, wird aber auch auf Weizen, Gerste und Hafer gefunden.

Bezüglich der *Claviceps purpurea*, deren Morphologie in der Abhandlung »Pilze« eingehender besprochen wird, sei hier nur hervorgehoben, dass der Schmarotzer, welcher ein Mutterkorn erzeugt, auf die einzelne Blüthe beschränkt ist. Er entwickelt sich allein in dem jungen Fruchtknoten zur Blüthezeit. Daraus ist seine Anwesenheit in dieser Periode an nichts als an einer veränderten Beschaffenheit des zwischen den Spelzen verborgenen Fruchtknotens zu bemerken. Derselbe hat in der inficirten Blüthe eine mehr längliche Gestalt; die Narben sind abgestorben und eingeschrumpft; der Längsschnitt zeigt, dass der eigentliche ursprüngliche Fruchtknoten, dessen Höhlung man noch deutlich erkennt, den oberen Theil des Körpers einnimmt, und der darunter befindliche Theil aus einem weissen, weichen Pilzgewebe besteht, welches an der Basis des Fruchtknotens sich entwickelt und durch sein Wachsthum denselben emporgehoben hat. Der Fruchtknoten sammt seinen Narben verkümmert und wird unkenntlich. Der Pilzkörper stellt ein conidienbildendes Stroma dar (*Sphacelia segetum*, Lév.); seine Oberfläche zeigt viele gehirnartig gewundene Furchen, und allen Erhebungen und Einsenkungen der Oberfläche folgend bedeckt ein sporenschnürendes Hymenium das ganze Stroma. Die ovalen einzelligen Sporen werden unter reicher Secretion einer klebrigen, süßschmeckenden Flüssigkeit abgeschieden. Letztere, durch die zahllosen, in ihr suspendirten Sporen milchig getrübt, quillt eine Zeit lang zwischen den Spelzen hervor, rinnt in grossen Tropfen ab; sie stellt den sogen. Honigthau im Getreide dar, welcher das erste äusserlich auffallende Symptom der vorhandenen Krankheit ist. Nach einiger Zeit ist die Sporenbildung der *Sphacelia* beendet und der Pilz tritt jetzt in dasjenige Entwicklungsstadium, welches durch die Bildung des Mutterkornes bezeichnet ist. Das Mutterkorn stellt das Sclerotium des Pilzes dar, d. h. einen zur Ueberwinterung bestimmten vegetativen Ruhezustand. Es entwickelt sich aus der

Basis der *Sphacelia* durch Umwandlung des Gewebes derselben: die Hyphen vermehren und verflechten sich auf das innigste zu einem festen, pseudoparenchymatischen Gewebe von rundlich polygonalen Zellen, welche ohne Zwischenräume zusammenhängen und mit ölreichem Inhalt versehen sind; die Membranen der oberflächlichen Zellen färben sich dunkelviolett, während das innere Gewebe farblos bleibt. Dieses Sclerotium wächst an seiner in der Blüthe sitzenden Basis, indem dort das Gewebe weich, gleichförmig und forbildungsfähig bleibt, und erreicht dadurch allmählich seine definitive Grösse; eine Zeit lang trägt es die vertrockneten Reste der *Sphacelia* wie ein bräunliches Mützchen auf seinem Scheitel. Von einem normalen Korn ist in einer solchen Blüthe in der Regel keine Spur zu sehen, wie nach dem Vorhergehenden sich von selbst versteht. In seltenen Fällen, wahrscheinlich bei später und langsamer Entwicklung des Pilzes gewinnt der Fruchtknoten einen Vorsprung und entwickelt sich zu einem kleinen Korn, welches dann auf der Spitze der *Sphacelia* und endlich des Mutterkornes sich befindet, woraus deutlich hervorgeht, dass Mutterkorn und Roggenfrucht auch genetisch verschiedene Dinge sind. In einem Weizen, der stark am Steinbrand litt, fand ich sogar eine Combination von Mutterkorn und Brandkorn: auf der Spitze des ersteren sass das letztere.

Das reife Mutterkorn fällt zur Zeit der Ernte leicht aus den Spelzen heraus und gelangt theils in den Boden, theils in die ausgedroschenen Körner; mit dem Saatgut kann es später wieder auf den Ackerboden gebracht werden. Auch im letzteren Falle, also bei trockener Aufbewahrung, behält es seine Keimfähigkeit wenigstens bis zum nächsten Frühjahr. Wenn es auf feuchtem Boden liegt, so entwickeln sich auf ihm gegen das Frühjahr, bei zeitiger Aussaat schon im Herbst, die eigenthümlichen gestielt kopfförmigen, purpurrothen Fruchtkörper mit den Perithecien, welche TULASNE¹⁾ zuerst als Organe des Mutterkornpilzes erkannte. Wie DURIEU²⁾ und KÜHN³⁾ nachgewiesen haben, entsteht, wenn die Ascosporen der oben erwähnten Pilzfrüchte in junge Getreideblüthen gelangen, aus ihnen der Mutterkornpilz von neuem. Es ergiebt sich daraus, dass immer von den aus dem Vorjahr stammenden Mutterkörnern die neue Pilzinvansion in der bezeichneten Weise ihren Ausgang nimmt. Die Maassregeln um das Mutterkorn zu verhüten, ergeben sich daraus von selbst. In dieser Beziehung wären auch die wildwachsenden Gräser zu berücksichtigen, wie namentlich die auf den Feldrainen häufigen *Lolium perenne* und *Triticum repens*, die oft massenhaft Mutterkorn tragen, woraus sich wol die Thatsache erklären möchte, dass an den Rändern der Getreidefelder das Mutterkorn oft stärker auftritt als tiefer im Innern des Feldes. Es ist indessen noch nicht entschieden, ob alle grasbewohnenden Mutterkornpilze zu einer und derselben Species gehören. Die auf *Phragmites* und *Molinia* vorkommenden hat man sogar als *Claviceps microcephala*, TUL., wegen der kleinen Köpfchen ihres Perithecienströma specifisch getrennt. Durch die Sporen der *Sphacelia* wird der Mutterkornpilz unmittelbar von Pflanze zu Pflanze verbreitet; KÜHN (l. c.) hat durch Uebertragung solcher Sporen in gesunde Blüthen die Krankheit in diesen hervorufen können. Es ist kaum zweifelhaft, dass viel Mutterkorn durch diese secundäre Verbreitung des Pilzes entsteht. Sehr oft trägt eine Aehre mehr als ein Sclerotium, und es stehen oft deren mehrere gerade übereinander, was offenbar von einer Ansteckung durch den

¹⁾ Ann. des sc. nat. 3. sér. T. XX. pag. 56.

²⁾ Vergl. TULASNE, Selecta Fung. Carpol. I. pag. 144.

³⁾ Mittheil. aus d. phys. Laborat. d. landw. Inst. d. Univers. Halle, 1863.

herabbrinnenden Honigtau der darüberstehenden Blüthen herriht. Durch Fliegen und andere Insekten, die dem süßen Saft nachgehen, besonders aber durch Regen und Thau und durch die Bewegungen im Winde werden diese Sporen von Aehre zu Aehre verbreitet. Auf den spät entwickelten und spät blühenden Halmen kommt das Mutterkorn gewöhnlich sehr reichlich vor, offenbar weil sich zuletzt die Ansteckung allein auf diese concentrirt.

Kapitel 6.

Die Brandkrankheiten.

Die Entwicklung der Brandpilze auf ihren Nährpflanzen charakterisirt sich als eine Krankheit der letzteren, die man als Brand bezeichnet. Die Brandpilze oder Ustilagineen machen eine eigene Familie aus mit folgenden Merkmalen. Es sind endophyte Parasiten mit einem deutlich entwickelten Mycelium, dessen feine, verzweigte Fäden meist sowol zwischen, als auch in den Zellen der Nährpflanze wachsen, und in gewissen Organen der letzteren zur Sporenbildung gelangen. Die letztere geschieht mit wenigen Ausnahmen im Inneren der befallenen Gewebe, und endigt gewöhnlich mit einem vollständigen Zerfall des Pflanzenteiles, wobei fast nichts übrig bleibt als eine grosse Menge schwarzer oder schwarzbrauner, fein staubartiger Masse, die ganz aus den Sporen des Brandpilzes besteht. In den Pflanzenteilen, welche auf diese Weise zerstört werden, gelangt zunächst das Mycelium zu kräftiger Entwicklung, wodurch gewöhnlich das Gewebe mit Ausnahme der festeren Theile der Zellmembranen verdrängt wird, und der Pilz sich an dessen Stelle entwickelt. Zahlreiche Zweige dieser Myceliumfäden nehmen dann die Beschaffenheit der sporenbildenden Fäden an: sie schwollen an und bekommen gallertartig aufgequollene Membranen; ihre Enden bilden daher eine oder mehrere perl schnur förmig hinter einander liegende kugelige Anschwellungen. Der aus dichtem Protoplasma bestehende Inhalt jedes dieser Glieder umgibt sich nun mit einer neuen Zellmembran und wird dadurch zur jungen, anfangs noch farblosen Spore. In diesem Zustande, der gewöhnlich noch in die jugendliche Entwicklungsperiode der Pflanzenteile fällt, hat die von den Hautgeweben eingeschlossene Pilzmasse eine farblose, weiche, gallertartige Beschaffenheit. Dieselbe färbt sich allmählich dunkel, indem die zahllosen, jungen Sporen, aus denen sie jetzt hauptsächlich besteht, sich weiter ausbilden, und die Membranen derselben ihre eigenthümliche Farbe annehmen. Gleichzeitig wird die gallertartige Membran der sporenbildenden Fäden durch Verschleimung immer mehr gelockert und aufgelöst und verschwindet endlich gleich den übrigen Theilen der Fäden, so dass die Sporen sich isoliren und allein übrig bleiben. Dann ist aus der farblosen, gallertartigen Pilzmasse die dunkle, trockene, fein staubartige Brandmasse geworden, die anfänglich noch von den Hautgeweben umschlossen ist. Bei vielen Brandkrankheiten zerreißen letztere zeitig, und der Pflanzenteil scheint dann ganz in Brandpulver zerfallen. Wenige Ustilagineen bilden ihre Sporen äusserlich auf der Oberfläche des Pflanzenteiles; in diesem Falle treten die Fäden über die Epidermis hervor, um auf derselben sich zu ähnlichen Complexen sporenbildender Fäden zu entwickeln. Nach der verschiedenen Beschaffenheit der Sporen und nach dem Auftreten auf verschiedenen Nährpflanzen unterscheidet man die Brandpilze in Arten, denen somit eben so viele Brandkrankheiten entsprechen.

Die Wirkung der Ustilagineen auf ihre Nährpflanzen ist bei jeder Art dieser Parasiten eine bestimmte. Im Allgemeinen tritt der krankhaft verändernde Einfluss nur an denjenigen Organen der Nährpflanze hervor, in denen der Pilz seine Sporen bildet. Dies ist am auffälligsten da, wo die Sporenbildung auf die Blüthen oder Früchte beschränkt ist: hier entwickelt sich die Nährpflanze, obwohl sie das Mycelium des Pilzes, wenigstens in ihrem Stengel enthält, in allen Theilen und während der ganzen Periode bis zum Erscheinen der Blüthen oder Früchte meist normal und gesund. Diejenigen Organe, in denen die Sporenbildung erfolgt, werden in der oben besprochenen Weise frühzeitig und meist ohne vorhergegangene wesentliche Veränderung ihrer Gestalt, unmittelbar zerstört. Je nachdem dies den Stengel, die grünen Blätter, den Blüthenstand, einzelne Blüthentheile oder die Früchte betrifft, ist die Erscheinung der brandkranken Pflanze eine sehr verschiedene. Manche Brandpilze bewirken an den Theilen, in denen sie die Sporen bilden, bevor sie dieselben zerstören, eine Hypertrophie (pag. 475): diese Theile werden übermäßig ernährt und vergrössert, bisweilen in kolossalen Dimensionen und unter Missbildungen, die je nach den Einzelfällen wieder sehr verschieden sind. Gewöhnlich nimmt dann der Pilz mit seinen sporenbildenden Fäden von dem grössten Theile des hypertrophierten Organes Besitz, so dass dieses endlich auch in Brandmasse zerfällt.

Mit dem Zeitpunkte, in welchem der kranke Pflanzenteil in Brandmasse zu zerfallen beginnt, haben auch die Sporen ihre Keimfähigkeit erreicht. Sie behalten dieselbe auch, trocken aufbewahrt, ziemlich lange; nach HOFFMANN¹⁾ sind diejenigen von *Ustilago Carbo* nach 31 Monaten, die von *U. destruens* nach 3½ Jahren, die von *U. maydis* und *Tilletia caries* nach 2 Jahren noch keimfähig; jedoch ist immer ihre Keimfähigkeit im ersten Jahre nach der Reife am grössten. Die Keimung erfolgt auf jeder feuchten Unterlage, oft schon einen oder wenige Tage nach Eintritt der Keimungsbedingungen. Findet die Keimung nicht auf einer geeigneten Nährpflanze statt, in welche der Keimschlauch eindringen kann, so entwickelt sich letzterer zu einem sogen. Promycelium: ein kürzerer oder längerer, meist einfacher, bisweilen mit mehreren Querwänden versehener Faden, der sich mehr oder weniger vom Substrat erhebt, ziemlich bald sein Längenwachsthum einstellt und an seiner Spitze oder Seite Zellen abschnürt, welche ebenfalls farblose Membran haben und den grössten Theil des Protoplasma des Promyceliums aufnehmen. Sie werden Sporidien genannt; die Art ihrer Bildung und ihre Form ist eins der wichtigsten Merkmale, nach welchem die Ustilagineen-Gattungen unterschieden werden. Die Sporidien lösen sich vom Promycelium ab und stellen eine zweite Generation von Keimen dar, denn sie können, auf feuchte Unterlage gelangt, sogleich wieder einen Keimschlauch treiben, der mitunter wieder secundäre Sporidien abschnürt.

Für eine Reihe von Brandpilzen ist es sicher nachgewiesen, und daher für die übrigen mit aller Wahrscheinlichkeit anzunehmen, dass die Keimschläuche der Sporen oder der Sporidien in eine ihnen geeignete Nährpflanze eindringen und in derselben wiederum zu einem Mycelium sich entwickeln können, welches schliesslich wieder Sporen bildet, also die Brandkrankheit hervorbringt. Auf jeder anderen Unterlage geht die Entwicklung des Pilzes nicht über die Promycelium- und Sporidienbildungen hinaus; die letzteren sterben endlich vollständig und ausnahmslos ab, wenn nicht binnen einer gewissen Zeit die geeignete

¹⁾ PRINGSHEIM's Jahrbuch f. wiss. Bot. II., pag. 267.

Nährpflanze sich darbietet. Ist letzteres der Fall, so dringt der Keimschlauch in dieselbe ein, indem er mit seiner Spitze durch die Membran einer Epidermiszelle sich einbohrt und von hier aus in das darunter liegende Gewebe wächst, um sich hier als Mycelium weiter zu bilden. Diese und die folgenden Thatsachen sind durch die Untersuchungen, die KÜHN¹⁾ mit *Tilletia caries*, HOFFMANN²⁾ mit *Ustilago carbo* und WOLFF³⁾ ausser diesen beiden mit *Ustilago destruens*, *U. maydis*, *Urocystis occulta* u. a. angestellt hat, ermittelt worden. Soweit diese Erfahrungen bis jetzt reichen, dringen aber die Keimschläuche immer nur in die junge Nährpflanze und nur an einem bestimmten Organe in dieselbe ein: weiter ausgebildeten und erwachsenen Pflanzen sind die Keime der Brandpilze ungefährlich. Bei denjenigen der eben genannten Arten, welche in Blüthentheilen ihre Sporen bilden, also bis in diese Theile gelangen müssen, dringen die Keimschläuche am leichtesten am Wurzel- und ersten Stengelknoten und dem dazwischen liegenden Stengelgliede der Keimpflanzen der betreffenden Getreidearten ein. Von dort aus wächst das Mycelium im jungen Halm nach dem Blüthenstande aufwärts. Dieser Weg ist sehr kurz, denn das Eindringen geschieht in derjenigen Entwicklungsperiode, wo die Getreidepflanze den Halm noch nicht gestreckt hat, der letztere also noch so kurz ist, dass die junge Anlage des Blüthenstandes tief zwischen den unteren Blättern sich befindet. Diejenigen Ustilagineen aber, welche in den Blättern ihre Sporen bilden, wie *Urocystis occulta*, lassen ihre Keimschläuche vornehmlich durch das erste Scheidenblatt des jungen Getreidepflanzchens eindringen; dabei gelangt das Mycelium ebenfalls auf dem kürzesten Wege nach dem Orte der Fructification, indem es quer durch das Blatt und in die inneren von jenem umhüllten jungen Blätter hinüberwächst.

Auch die Erfolge der Infectionversuche im Grossen, bei denen man die Samen mit keimfähigen Brandpilzsporen gemengt aussät, beweisen unzweideutig, dass der Brand durch diese Keime wieder erzeugt wird. Solche Versuche hat schon GLEICHEN⁴⁾ 1781 mit Erfolg angestellt, neuerdings sind sie vielfach wiederholt worden.⁵⁾ KÜHN zählte z. B. von Rispenhirse, die mit *Ustilago destruens* inficirt worden war, auf je 100 Pflanzen durchschnittlich 98 brandige. GLEICHEN besäete z. B. 3 Parcellen mit Weizenkörnern; auf der einen, wo die Körner mit Brandstaub vermengt gesät waren, wurden 178 gute und 166 brandige Aehren, auf der anderen, wo die Körner rein, aber nass gesät waren, 340 gute, 3 brandige und auf der dritten, wo die Körner rein und trocken gesät waren, 300 gute und 3 brandige Aehren erhalten. Für die Keimung der Sporen, die Entwicklung des Promyceliums und der Sporidien, sowie das Eindringen der Keimschläuche in die Nährpflanze ist aber dauernde Feuchtigkeit eine Hauptbedingung. Auf trockener Unterlage und in trockener Luft findet keine Keimung statt, und wenn sie schon begonnen hat, so wird sie durch Eintritt von Trockenheit unterbrochen. Versuche im Kleinen zeigen eine überraschend reichliche und üppige Entwicklung der Keimlinge der Sporen in einer mit Wasserdampf geschwängerten Luft. Damit stimmt die Erfahrung überein, dass das Auftreten des Brandes durch gewisse äussere Verhältnisse begünstigt wird, und alle diese lassen sich auf anhaltende grösse Feuchtigkeit zurückführen.

¹⁾ Krankheiten der Culturgewächse. Berlin 1859.

²⁾ KARSTEN's bot. Untersuchungen. 1866. pag. 206.

³⁾ Bot. Zeitg. 1873. No. 42-44.

⁴⁾ Auserlesene mikroskopische Entdeckungen etc. Nürnberg 1781. pag. 46 ff.

⁵⁾ Vergl. KÜHN, Sitzungsber. d. naturf. Gesellsch. Halle, 24. Januar 1874.

Die Maassregeln zur Verhütung der Brandkrankheiten müssen sich hier nach vor allen Dingen gegen die Sporen der Brandpilze richten. Nach Obigem kann Brand nur entstehen, wenn in der aufgekeimten Saat entwicklungsfähige Keime des der betreffenden Brandkrankheit eigenthümlichen Parasiten vorhanden, und die äusseren Bedingungen der Entwicklung derselben gegeben sind. Es ist klar, dass es sich hier hauptsächlich um diejenigen Sporen handelt, welche mit dem Saatgut eingeschleppt werden, welches von Feldern stammt, auf denen der Brand war. Ganz besonders gilt dies von denjenigen Ustilagineen, deren Sporen im Innern der geschlossen bleibenden Körner enthalten sind, weil diese mit geerntet und ausgedroschen werden, also vorzüglich vom Steinbrand des Weizens. Aber auch Sporen solcher Ustilagineen, deren Brandmasse auf dem Felde frei verfliegt, werden unfehlbar in Menge an allen Theilen der Getreidepflanzen festgehalten und gelangen so auch mit unter die geernteten Körner. Solche Sporen sind für ihre Weiterentwicklung in der günstigsten Lage, denn sie werden mit den Körnern trocken aufbewahrt, behalten also ihre Keimkraft, und da sie mit den Körnern zugleich ausgesät werden, so befinden sie sich in der unmittelbarsten Nähe einer keimenden Nährpflanze, in welche ihre Keimschläuche eindringen müssen. Um diese Keime unschädlich zu machen, giebt es kein anderes Mittel, als die Behandlung des Saatgutes mit einer Beize, welche die Keimfähigkeit der Sporen vernichtet, ohne den Körnern selbst zu schaden. Als solche hat sich Kupferservitriol bewährt (nach KÜHN's Recept $\frac{1}{2}$ Kilo Vitriol auf 5 Berliner Scheffel Körner in Wasser gelöst, welches 12—16 Stunden lang handhoch über den Körnern stehen gelassen wird). — Stroh von brandigen Feldern, wenn es mit dem Stalldünger bald wieder auf den Acker zurückkehrt, könnte leicht noch entwicklungsfähige Keime enthalten. Auf solcher Unterlage können, wie ich beobachtete, die Promycelien und Sporidien wenigstens mehrere Wochen vegetiren, ehe sie aus Mangel an der geeigneten Nährpflanze völlig absterben. — Die vor und bei der Ernte in den Ackerboden ausfallenden Brandpilzsporen, werden, weil sie sogleich unter die Bedingungen der Keimung gelangen, in Ermangelung einer geeigneten Nährpflanze jedenfalls verdorben sein, ehe wieder eine neue Getreidesaat auf demselben Acker aufgeht. Nur die geschlossenen Brandkörner des Weizensteinbrandes könnten hiervon eine Ausnahme machen; man findet oft noch spät im Jahre auf den Stoppelfeldern von der Ernte zurückgebliebene Brandkörner; sie müssen längere Zeit auf dem Boden liegen, bis ihre Schale verwest ist und die Sporen in Freiheit gesetzt werden.

Gegenwärtig sind gegen 140 Ustilagineen bekannt auf ungefähr 300 Nährpflanzen, an denen jede eine eigene Brandkrankheit erzeugt; doch ist die specifiche Abgrenzung dieser Formen nicht durchgängig frei von Zweifeln. Die Aufzählung einzelner Brandkrankheiten muss sich hier selbstverständlich auf einige der wichtigeren beschränken.

I. In Blüthentheilen fructificirende und diese zerstörende Ustilagineen.

1. Der ganze Blüthenstand wird zerstört und zerfällt in Brandmasse. Hierher gehören viele auf Gramineen, zumal Getreidearten schädliche Brandpilze, besonders der Staubbrand, Flugbrand oder Russbrand (*Ustilago Carbo*, TUL.) auf allen angebauten Arten von Weizen, Gerste und Hafer, auf *Arrhenatherum elatius*, *Avena pubescens* etc., durch kugelrunde, 0,007—0,008 Millim. im Durchmesser grosse Sporen mit glattem, braunen Episporium charakterisiert; ferner der Hirsebrand (*Ustilago desmodioides*, DUBY) auf *Panicum miliaceum*, mit 0,009—0,012 Millim. grossen, undeutlich netzförmig gezeichneten Sporen. Der Maisbrand oder Beulenbrand (*Ustilago Maydis*, LÉV.) entwickelt sich in den Seitentrieben der Maispflanzen, an denen die Kolben entstehen und hat zur Folge, dass dieselben zu einer unförmigen, bis kinder-

kopfgrossen Beule auswachsen, die aus dem verunstalteten Kolben und dessen umhüllenden Scheiden besteht und in deren Geweben die Sporen als eine schwarze Brandmasse entstehen, in welche zuletzt die Beule zerfällt. Die Sporen sind kugelig, 0,009 bis 0,01 Millim. im Durchmesser und mit fein stacheligem Episporium versehen. Ferner giebt es eine *Ustilago Reiliiana*, KÜHN., auf *Sorghum vulgare* und in den männlichen Rispen des Mais, etc. — Das ganze Blüthenköpfchen mit Ausnahme der Hüllblätter zerstört bei einigen Compositen (besonders *Tragopogon pratensis*) die *Ustilago receptaculorum*, FR.

2. Die Brandmasse bildet sich nur innerhalb der geschlossen bleibenden Früchte, bei übrigens unverändertem Blüthenstande. Die wichtigste hierhergehörige Krankheit ist der Steinbrand, Schmierbrand oder geschlossene Brand des Weizens (*Tilletia Caries*, TUL.). Gewöhnlich sind sämmtliche Körner einer Aehre brandig. Das Brandkorn ist von mehr kugeliger Gestalt, hat graubraune, dünne, leicht zerdrückbare Schale, ist leichter als die gesunden Körner und enthält nur schwarze, anfangs schmierige, später trockene Brandmasse, die durch ihren härlingslackartigen Geruch sich auszeichnet. Die Sporen sind kugelrund, durchschnittlich 0,018 Millim. im Durchmesser, das Episporium blassbraun, mit stark ausgebildeten netzförmigen Verdickungen. — Ein mit diesem ganz übereinstimmender, nur durch glattes Episporium unterschiedener Schmarotzer des Weizens ist *Tilletia laevis*, KÜHN. — In derselben Weise erscheinen *Tilletia controversa*, KÜHN, auf *Triticum repens*, *Tilletia secalis*, KÜHN, der Kornbrand, auf dem Roggen, *Tilletia sphaerocephala* auf *Agrostis vulgaris* und anderen Arten, die dann gewöhnlich zwerghaft bleiben (**Agrostis pumila*, L.). *Ustilago Crameri*, KCKE. in den Körnern der *Setaria italica*, *Ustilago Tulasnei*, KÜHN) in denjenigen des *Sorghum vulgare*. — Etwas abweichend verhält sich *Ustilago urcoolorum*, TUL., auf verschiedenen *Carex*- Arten insofern als die Sporen auf der Oberfläche des Fruchtknotens gebildet werden, der dann als verdickter, schwarzer Körper den Utriculus sprengt.

3. Die Brandmasse entsteht nur innerhalb der Antheren. Derartige Ustilagineen sind mehrere bekannt; so *Ustilago antherarum*, FR., welche in den Antheren verschiedener Caryophyllaceen, wie *Saponaria officinalis*, *Silene natans*, *Lychnis diurna* etc., *Dianthus deltoides*, *Stellaria graminea* etc. ein lilafarbenes Sporenpulver bildet; ferner *Ustilago floscolorum*, dessen blassviolette Sporen in den Antheren der *Knautia arvensis* entstehen. *Ustilago Vaillantii*, TUL., erfüllt die Staubbeutel von *Scilla bifolia* und *maritima* und von *Muscaria comosum* mit olivenbraunem Pulver.

II. In Blättern und Stengeln fructificirende und diese zerstörende Ustilagineen.

1. Die Brandmasse entsteht in inneren Geweben, wodurch diese aufgelöst werden, der Pflanzenteil innerlich zerstört wird. Hier ist als wichtigste Brandkrankheit zu nennen der Roggenstengelbrand (*Urocystis occulta*, RABENH.). Die Blattscheiden und Halmglieder des Roggens bekommen schon vor der Blüthezeit lange, anfangs graue, schwielenförmige Streifen, die sehr bald aufbrechen und im Innern schwarzes Brandpulver enthalten, worauf der Halm zusammenbricht und die Aehre, die selbst meist nicht brandig ist, jedoch bisweilen auch in den Spelzen Sporen enthält, nicht weiter entwickelt wird und vertrocknet. In den brandigen Streifen der Hälme und Blattscheiden ist das Parenchym zerstört und Sporenmassen sind an dessen Stelle getreten. Die Sporen sind bei dieser Gattung zusammengesetzte Körper, aus 1 oder 2 grossen, dunkelbraunen centralen Zellen und einer grösseren Anzahl kleiner, peripherischen, farblosen Zellchen bestehend, durchschnittlich 0,024 Millim. im Durchmesser. — *Ustilago longissima*, LÉV., bildet sein olivenbraunes Brandpulver in den Blättern von *Glycera spectabilis* und *fluitans* in langen parallelen Streifen, welche bald aufplatzen, wodurch die Blätter zerschlitzt werden. Die kugeligen, 0,0025—0,0026 Millim. grossen Sporen haben ein glattes, sehr blassgefärbtes Episporium. In ähnlicher Weise treten an Gräsern noch viele andere Arten auf; in den Blättern von *Colchicum autumnale* die *Urocystis Colchici*, RABENH., und in den Zwiebeln von *Allium Cepa* eine *Urocystis Cepulae*, FROST, welche in Nord-Amerika sehr schädlich ist, jetzt auch in Europa sich gezeigt hat.

2. Die Brandmasse entsteht auf der Oberfläche des Pflanzenteiles. Wenn *Triticum repens* und andere Gräser von *Ustilago hypodytes*, FR., befallen werden, so erscheint nur die Oberfläche der Halmglieder, desgleichen die Innenseite der Blattscheiden mit schwarzer Brandmasse bedeckt, weil die sporenbildenden Fäden sich auswendig entwickeln. Das Letztere ist auch

der Fall bei *Sorosporium Saponariae*, RUD., auf *Saponaria officinalis*, Arten von *Dianthus*, *Silene*, *Lychnis*, *Gypsophila* und *Cerastium arvense*. In den noch geschlossenen Blüthenknospen bildet der Pilz auf der Oberfläche aller Blüthentheile mit Ausnahme der Aussenseite des Kelches die Sporen in Form eines blass röthlichbraunen Pulvers. Bei *Cerastium* sind es die ganzen noch nicht blühenden Triebspitzen, an denen dies geschieht, und die dabei zu einer angeschwollenen runden Blätterknospe deformirt sind, indem die Internodien verkürzt bleiben, die Laubblätter und Deckblätter kürzer, aber viel breiter, eiförmig und zugleich dicker werden und die Blüthenbildung vereitelt wird. Das Mycelium wuchert durch die Epidermis der genannten Theile nach aussen, entwickelt sich auf denselben zu einem anfangs farblosen, dicken, weichen Pilzkörper, in welchem sich die für die Gattung charakteristischen aus vielen einander gleichen Zellen zusammengesetzten Sporenkäuel bilden, und welcher darnach gallertartig erweicht und endlich bis auf die Sporenmassen schwindet. Der Schmarotzer ist auch deshalb besonders bemerkenswerth, weil sein Mycelium nach DE BARY in der Nährpflanze perennirt und alljährlich den Brand in den befallenen Pflanzen erzeugt.

Es giebt einige mit den Ustilagineen nächst verwandte Parasiten, die aber, besonders weil sie meist farblose und weniger massenhaft auftretende Sporen besitzen, Krankheitserscheinungen veranlassen, welche von den eigentlichen Brandkrankheiten abweichen. Die Arten von *Entyloma* leben in begrenzten Blattstellen, welche meist zu bleichen, buckel- oder schwieligförmigen Aufreibungen werden, deren Gewebe den Pilz in den Intercellulargängen wachsend und fructificirend enthält. In derselben Weise vegetirt *Protomyces macrosporus* in schwieligförmigen Geschwüsten an den Stengeln, Blattstielen, Blattrippen etc. von *Aegopodium Podagraria* und einiger anderer Umbelliferen. *Melanotaenium endogenum*, de By, auf *Galium Mollugo* hat zur Folge, dass die Internodien kurz bleiben und sich verdicken, die Knoten anschwellen, die Blätter kurz, dick und bleich werden und keine Blüthen gebildet werden. Die Knoten, die Streifen der Internodien und die Blattrippen erhalten bläulichschwarze Farbe durch die in ihnen sich bildenden Sporen.

Kapitel 7. Rostkrankheiten.

Eine andere, ausschliesslich aus pflanzenbewohnenden Parasiten bestehende Abtheilung der Pilze ist die der Rostpilze (Uredineen oder Aecidiaceen). Ihr Vorkommen auf der Nährpflanze zeigt sich unter Krankheitserscheinungen, auf welche allgemein die Bezeichnung Rost angewendet werden darf, wenngleich dieser Ausdruck sich ursprünglich nur auf bestimmte einzelne Rostpilze, insbesondere die getreidebewohnenden bezieht. Die Uredineen sind endophyte Parasiten mit einem aus septirten und verzweigten, meist zwischen den Zellen der Nährpflanze wachsenden Mycelium, welches bald den ganzen oberirdischen Pflanzenkörper, bald nur gewisse Theile desselben durchzieht, und von welchem Fruchtkörperchen gebildet werden, deren Beschaffenheit das hauptsächlichste Charakteristicum der Uredineen und der Rostkrankheiten ist: es sind meist kleine flache Sporenlager von bestimmter oder unbestimmter Form, welche unmittelbar unter der Epidermis oder in derselben, also immer an der Oberfläche des Pflanzenteiles, sich bilden und daher wie ein wegen des Gefärbtheins der Sporen farbiger Ausschlag hervorbrechen. Dieselben werden gebildet, indem vom Mycelium aus eine Menge Pilzfäden an gewissen Stellen unter der Epidermis zusammentreffen und sich zu einem Pilzlager verflechten, an

dessen nach auswärts gekehrter Seite in einer Schicht dicht beisammen stehend die Sporen abgeschnürt werden auf je einer kurzen Basidie. Je nach der gelben, orangegelben, rostrothen, braunen oder schwarzen Farbe der Sporen hat der Rostausschlag entsprechende Färbung und je nachdem die Sporen die Epidermis durchbrechen und leicht sich ablösen oder in oder unter derselben festsitzen, stellt er bald staubige Häufchen, bald eine mit der Pflanzensubstanz verschmolzene Kruste dar. Dadurch wird das verschiedene Aussehen des Rostes bedingt. Diese Verhältnisse und namentlich die Beschaffenheit der Sporen geben die Merkmale der einzelnen Uredineengattungen sowie der verschiedenen Generationen, welche die Entwicklung mancher Rostpilze durchläuft. Der Generationswechsel, der bei den Uredineen in der ausgeprägtesten Weise entwickelt ist, ist für die Krankheitsgeschichte der einzelnen Rostarten von hervorragender Bedeutung, weil die in regelmässiger Succession sich folgenden Generationen differente Rostformen an den Pflanzen darstellen, die bald an einer und derselben Nährspecies zur Entwicklung kommen (autöcisch), bald ihren Wirth wechseln (heteröcisch); im letzteren Falle gehören Rostkrankheiten zweier sehr verschiedener Pflanzen dem Entwicklungsgange eines und desselben Parasiten an, mit anderen Worten: der Rost der einen Pflanze erzeugt denjenigen der anderen. Ein allgemein zutreffendes Schema dieses Generationswechsels lässt sich nicht geben, vielmehr verhalten sich die einzelnen Uredineen hierin sehr verschieden, und von manchen darf es als gewiss gelten, dass sie nicht generationswechselnd sind, sondern immer nur eine einzige Art von Sporen entwickeln, durch welche ihre Fortpflanzung erfolgt. Die auf den Entwicklungsgang und die einzelnen Generationen der Uredineen bezüglichen Bezeichnungen: Uredo- oder Stylosporen, Teleutosporen, deren Keimungsprodukt das Promycelium mit den Sporidien darstellt, und Aecidium-Generation muss hier als aus dem auf die Pilze bezüglichen Theile der Encyklopädie bekannt angenommen werden.

Die pathologischen Wirkungen, welche die Uredineen hervorbringen, sind zweierlei Art. Entweder ist es die oben als Auszehrung bezeichnete (pag. 474), indem der Pflanzenteil in der vom Mycelium befallenen Ausdehnung Veränderung der grünen Farbe in Gelb und vorzeitiges Verwelken und Absterben erleidet. In der unmittelbaren Umgebung der Sporenhäufchen treten diese Symptome am frühesten und stärksten auf, denn hier ist das Mycelium am reichlichsten entwickelt, auch tragen die Verletzungen, welche die Epidermis durch die hervorbrechenden Sporenhäufchen erleidet, dazu wahrscheinlich mit bei. Auch sind die einzelnen Rostpilzarten in dieser Wirkung ungleich heftig. Die andere Art der Einwirkung ist eine Hypertrophie (pag. 475): die Zellen des befallenen Gewebes wachsen stärker und vermehren sich durch Theilung, erfüllen sich dabei wcl auch noch überdies ungewöhnlich reich mit Starkekörnern, die neues Material zu weiterem Wachsthum liefern. Der Pflanzenteil erhält dadurch eine abnorme Gestalt, die je nach den einzelnen Fällen von grösster Mannigfaltigkeit sein kann: bald ist nur ein einzelnes Organ oder ein Theil eines solchen zu einer durch Anschwellung des Gewebes entstandenen localen Missbildung von unbestimmter, wechselnder Form und Grösse geworden, bald handelt es sich um einen Spross, der in seiner Totalität eine regelmässige, bestimmt charakteristische Formwandlung erleidet, durch die er einen fremdartigen Habitus annimmt. Der Pilz reift seine Sporen zu der Zeit, wo die von ihm hervorgerufene Deformation den Höhepunkt ihrer Entwicklung erreicht hat und in voller Lebensfähigkeit sich befindet. Wenn er aber dann zu leben aufhört, so stirbt mit ihm

auch der ihn bergende Theil der Nährpflanze, mögen dies nun begrenzte, hypertrophische Stellen eines Blattes, mag es ein Blüthenstand oder eine Frucht, mag es ein ganzer Spross sein etc. Also sind auch in diesem Falle die vom Schmarotzer bewohnten Organe dem Dienste ihrer Pflanze entzogen, sie verderben vorzeitig und ohne ihre normalen Functionen verrichtet zu haben. Bisweilen handelt es sich um einen Pflanzenteil von vieljähriger Dauer, welcher durch einen Rostpilz deformirt wird und in welchem das Mycelium desselben perennirt, so dass auch die Deformation Jahre hindurch sich fortbildet (Krebs und Hexenbesen der Weisstanne).

Maassregeln zur Verhütung der Rostkrankheiten werden hiernach sein: möglichste Beseitigung der Sporen, also derjenigen Pflanzenteile, auf welchen diese sich gebildet haben, was insbesondere von den Teleutosporen gilt, weil in dieser Form die Uredineen überwintern; zweitens Fernhaltung derjenigen Nährpflanzen, auf welchen bei Heteröcie die eine Generation sich entwickeln muss; endlich in der Behandlung des Bodens, in der Auswahl der Lage, in der Methode der Cultur Ergriffung aller derjenigen Maassregeln, welche ein Uebermaass von Feuchtigkeit in und über dem Boden, soweit als möglich und zulässig ist, verhüten. Die näheren Vorschriften haben sich selbstverständlich nach den besonderen Verhältnissen, die bei den einzelnen Rostkrankheiten in Betracht kommen, zu richten.

1. Puccinia.

Diejenigen Rostpilze, deren Teleutosporen unterhalb der Epidermis sich bilden, aus zwei übereinander stehenden, mit braunem Episorium versehenen Zellen und einem mehr oder minder deutlichen, farblosen Stiel bestehen und in schwarzen oder braunen Häufchen oder Krusten auftreten, gehören in die vorgenannte Gattung. Lebensweise, Entwicklungsgang und Generationsverhältnisse sind bei den einzelnen der zahlreichen hierher gehörigen Arten so verschieden, dass die Krankheitsgeschichten bei den einzelnen Rosten sehr ungleich sind.

A. Heteröcische generationswechselnde Puccinien. Diese Gruppe umfasst die Roste der Gramineen und Cyperaceen. Als Beispiel dieser Krankheiten sei hier genannt:

Der Gras- oder Getreiderost. Von dieser allbekannten und gefürchteten Krankheit müssen wenigstens drei wohlunterschiedene Arten unterschieden werden, deren genauere Kenntniss, besonders was den Generationswechsel anlangt wir DE BARY¹⁾ verdanken. a) *Puccinia graminis*, PERS., der gewöhnlichste Rost an unserem Getreide, nämlich Roggen, Weizen, Gerste und Hafer, ausserdem an zahlreichen Gräsern, besonders häufig an *Triticum repens*, *Lolium perenne*, *Dactylis glomerata*, *Agrostis vulgaris*. Der Parasit siedelt sich in allen grünen Theilen seiner Nährpflanze an, am reichlichsten an den Blattflächen und Scheiden. Zuerst erscheinen die Häufchen der Uredosporen; meist in grosser Zahl über die Oberseite, bisweilen auch über die Unterseite des Blattes zerstreute, längliche bis strichförmige, den Nerven parallele, rostrothe, staubige Häufchen, welche durch die Epidermis hervorbrechen (Fig. 29). Um diese Häufchen bildet sich in der Blattsubstanz ein schmaler, gelber oder missfarbiger Hof, der das Absterben des Gewebes an dieser Stelle anzeigt. Oder das umgebende Gewebe erhält sich auch wol lange grün, und nur die von den Sporenhäufchen eingenommenen Stellen selbst haben erkranktes Gewebe. Sind alle Blätter befallen zu einer Zeit, wo die Pflanze der Thätigkeit derselben noch bedarf, so ist eine kümmerliche Entwicklung der Aehre und der Körner die Folge. Je später und in je schwächerem Grade jenes geschieht, desto weniger wird der Körnerertrag beeinträchtigt. Aber der Pilz selbst kann auch bis in die Inflorescenz sich verbreiten, auf deren Theilen, besonders Spelzen, sich dann Rostausschlag bildet, was noch viel mehr zu einem Missrathen der Körner beiträgt. Die

¹⁾ Neue Untersuchungen über Uredineen. Monatsber. d. Berl. Akad. 1865 und 19. April 1866. — Recherches sur les champignons parasites. Ann. sc. nat. 4. sér. T. XX.

Uredosporen dieser Species haben länglichrunde oder elliptische Gestalt, sind ungefähr 0,036 Millim. lang, 0,018 Millim. breit; die Keimporen befinden sich auf der Mitte der längeren Seiten (*Uredo linearis*, PERS.). Durch diese Sporen geschieht die sofortige Verbreitung des Pilzes und der Krankheit von Pflanze zu Pflanze. Dieselben keimen auf feuchter Unterlage nach wenigen Stunden, ihre Keimschläuche dringen durch die Spaltöffnungen wieder in Getreideblätter ein und entwickeln sich darin zu einem neuen Mycelium, welches wieder dieselbe Uredo hervorbringt. Dies kann mehrere Generationen hindurch sich wiederholen, die Vermehrung erfolgt also in geometrischer Progression. Das Umsichgreifen des Rostes, wenn er einmal zum Ausbruch gekommen ist, wird daraus hinlänglich erklärlich. Späterhin, wenn die Sporenbildung in den Uredohäufchen nachlässt, brechen die schwarzen, strichförmigen Häufchen der Teleutosporen durch die Epidermis hervor; manche bilden sich an derselben Stelle, wo ein Uredoräschchen stand, so dass nach dem Verschwinden der rothen Sporen an derselben Stelle die Teleutosporen erscheinen (Fig. 29 C). Beim Getreide stehen die meisten schwarzen Sporenhäufchen auf den untersten Blattscheiden und Halmgliedern, so dass nach der Ernte die Mehrzahl derselben auf der Stoppel zurückbleibt. Bei niedrigeren Gräsern, deren dürre Halme über Winter stehen bleiben, sind sie gleichmässiger, selbst bis in die Aehre verbreitet (z. B. bei *Triticum repens*). Die Teleutosporen sind von ungefähr verkehrt eiförmiger Gestalt, mit ziemlich regelmässig rund gewölbtem Scheitel und einem Stiel ungefähr von der Länge der Spore (Fig. 29 D). Die Teleutosporen keimen nach Ueberwinterung auf den Pflanzenresten, auf denen sie festsetzen. Ihr Keimungsprodukt ist das Promycelium mit seinen Sporidien. Letztere setzen nun die Entwicklung des Pilzes fort, indem sie das zu demselben gehörige Aecidium erzeugen. Nach DE BARY ist dieses das auf den Blättern und jungen Früchten der Berberize im Frühling häufige *Aecidium Berberidis*, welches auf rothen, fleischigen, durch Gewebehypertrophie entstehenden Polstern zahlreiche orangefarbige Becherchen in Gesellschaft von Spermogonien bildet. Die Aecidiumsporen, welche sofort keimfähig sind, lassen, wenn sie auf Getreideblätter gelangen, ihre Keimschläuche in diese eindringen, woraus sich hier wieder der Getreiderost entwickelt. Alle diese Thatsachen sind durch direkte Beobachtung bei Uebertragung der Sporen auf die betreffenden Nährpflanzen festgestellt worden. b) *Puccinia striiformis*, WESTEND. (*P. straminis*, FUCKEL) auf Roggen, Weizen und Gerste, sowie auf wildwachsenden Gräsern, sehr häufig auf *Bromus mollis*, vom vorigen Rost unterschieden durch ziemlich genau kugelrunde Uredosporen, welche in kleineren, minder gestreckten Häufchen sich bilden, durch die ebenso kleinen und

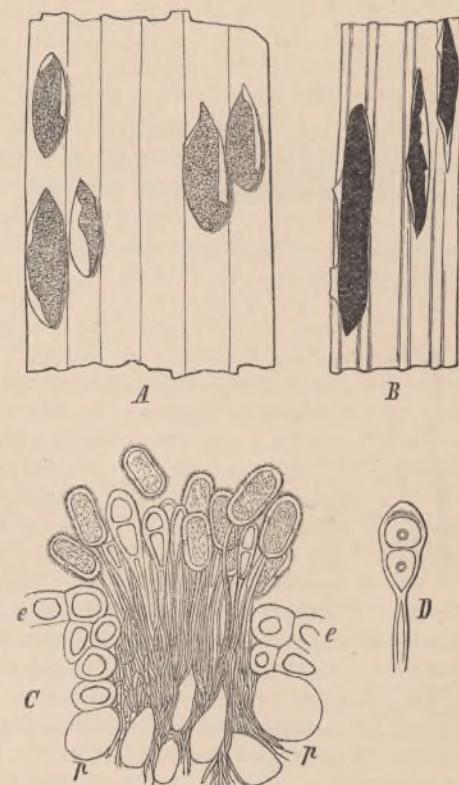
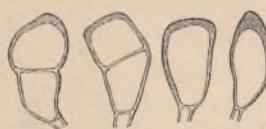


Fig. 29. (B. 117.)

Der gemeine Getreiderost (*Puccinia graminis*, PERS.). A Ein Stückchen Roggenblatt mit mehreren hervorbrechenden, rothen Häufchen von Uredosporen. Schwach vergrössert. B Ein Stückchen Roggenblattscheide mit mehreren hervorbrechenden schwarzen Teleutosporenhäufchen. Schwach vergrössert. C Durchschnitt durch ein Sporenhäufchen, zeigt die Abschnürung der Uredosporen. In der Mitte sind bereits einige junge Teleutosporen zu sehen, welche später allein das Häufchen bilden. ee Epidermis; pp Parenchymzellen, zwischen denen die Fäden des Pilzmyceliums, welche gegen das Sporenlager hin laufen, 200fach vergrössert. D Eine Teleutospore aus den reifen Häufchen in B. 300fach vergr.

dauernd von der Epidermis bedeckt bleibenden, daher mehr wie schwarzgraue Flecken des Blattes erscheinenden Teleutosporen-lager und besonders durch die Form der Teleutosporen, welche sehr kurz gestielt und am Scheitel nicht gerundet, sondern sehr unregelmässig bald breit abgestutzt, bald zugespitzt sind (Fig. 30). Das hierzu gehörige Aecidium ist nach DE BARY das *Aecidium asperifolii*, PERS., auf den Blättern vieler Asperifoliaceen, besonders von *Anchusa officinalis*, *Borago officinalis*, *Lycopsis arvensis* etc. c) *Puccinia coronata*, CORDA, unter dem Getreide vielleicht auf den Hafer beschränkt, ausserdem auf vielen anderen Gramineen, wie *Holcus lanatus*, *Aira caespitosa*, *Calamagrostis epigeios* etc. Der Uredozustand stimmt ziemlich mit dem des vorigen Pilzes überein, die Teleutosporen bleiben ebenfalls von der Epidermis überzogen, sind ebenfalls sehr kurz gestielt, ungefähr keulenförmig, am Scheitel mit einer Krone aus mehreren zacken- oder dornförmigen Fortsetzen der Sporenmembran versehen (Fig. 31). Zu diesem Rost gehört wiederum nach DE BARY's

B. 118. Fig. 30.



Teleutosporen von Puccinia striiformis von zweizelliger Gerste; einige einzellig, ohne Querwand. 200fach vergr.

Versuchen das *Aecidium Rhamni*, PERS., auf Blättern, jungen Zweigen und Blüthenteilen von *Rhamnus cathartica* und *Rh. Frangula*. — Wenn das gräserbewohnende Mycelium dieser Pilze (B. 119.) in den Wintersaaten oder in perennirenden Gramineen überwintern könnte, so würde die Aecidiumgeneration nicht nothwendig sein, um den Rost alljährlich auf den Gramineen zu erzeugen. Positiv nachgewiesen ist das aber nur von

Puccinia striiformis, während es bei *P. graminis* nicht der Fall zu sein scheint. — Auf anderen Gramineen und auf Cyperaceen giebt es wieder andere Puccinien, von denen zum Theil ebenfalls wirthwechselnde Aecidien bekannt sind.

B. Autöcische generationswechselnde Puccinien. Unter den ihrem Entwicklungsgange nach vollständig bekannten Puccinien kann als Beispiel eines Rostes von gleichem Generationswechsel wie die gräserbewohnenden Rostpilze, aber von autöcischer Entwicklung der Sonnenrosenrost (*Puccinia Helianthi*, ALB., et SCHW.) angeführt werden. Dieser seit 1866 epidemisch und verheerend im südlichen Russland auf den angebauten Sonnenrosen auftretende, auch in Italien, Ungarn und Schlesien beobachtete Rost hat runde, braune Häufchen von Teleutosporen und bewirkt ein vorzeitiges Welk-, Schwarz- und Trockenwerden der befallenen Blätter. Nach WORONIN¹⁾ keimen die Teleutosporen im Frühlinge des nächsten Jahres; auf Sonnenrosenblättern erzeugen die Sporidien ein Aecidium; aus den Sporen dieses entwickelt sich auf derselben Nährpflanze sogleich die Uredo- und Teleutosporengeneration. Ob dieser Rost mit *Puccinia discoidearum*, LINK, auf *Artemisia* und *Tanacetum* identisch oder eine Culturvarietät desselben ist, ist noch unentschieden.

Eine andere Form eines autöcischen Generationswechsels zeigt die auch wegen der eignethümlichen Erkrankung, die sie an der Ackerdistel veranlasst, bemerkenswerthe *Puccinia suaveolens* (PERS.). Nach ROSTRUP²⁾ perennirt das Mycelium in den unterirdischen Theilen der Disteln und dringt von hier aus in die jungen oberirdischen Sprosse. Es bildet hier ausser Uredo und Spermogonien nur wenige Teleutosporen. Aus den Uredosporen, welche rasch keimen, entwickelt sich im Juli eine zweite Generation, aber nur auf solchen Exemplaren, die von der ersten Generation nicht befallen sind und die dann auch ihre normale Entwicklung vollenden, indem in ihnen das Mycelium nur fleckenweis an den Blättern auftritt und nur wenige eiförmige, braune Uredosporen und eine Menge Teleutosporen bildet. Diese zweite Form stimmt mit der *Puccinia Compositarum*, SCHLECHTEND., überein, die auf verschiedenen *Cirsium*-Arten und anderen Compositen vorkommt. Diese letzteren Formen sind daher vielleicht nur Generationen der *Puccinia suaveolens*.

C. Puccinien ohne Generationswechsel. Hier läuft die ganze Entwicklung des Rostpilzes nur unter Bildung von Teleutosporen ab, die hier in runden, erhaben warzenförmigen,

¹⁾ Bot. Zeitg. 1872, No. 38 u. 39, und 1875, pag. 340.

²⁾ Verhandl. d. scandinav. elften Naturforscher-Versammlung zu Kopenhagen 1873. Vergl. Bot. Zeitg. 1874, pag. 556.



Fig. 31.

Teleutospore von Puccinia coronata vom Hafer. 200fach vergr.

braunen Polsterchen sich bilden und unmittelbar nach der Reife keimfähig sind, so dass durch sie auch schon in demselben Jahre die Vermehrung des Pilzes bewirkt wird. Als ein Rostpilz, von welchem diese Entwicklung nachgewiesen ist, kann der Rost der Malven, *Puccinia Malvacearum*, MONT., auf *Malva sylvestris*, *Althaea officinalis* und *rosea* gelten,¹⁾ welcher in Chile einheimisch ist, 1873 plötzlich in Europa erschien und gegenwärtig über Europa östwärts wandert. In dieselbe Kategorie gehört auch *Puccinia Caryophyllearum*, WALLR., auf verschiedenen Alsineen und Sileneen.

7. Die Rostkrankheiten.

2. Uromyces.

Diese Gattung ist von *Puccinia* nur durch die einzelligen, meist sehr kurzgestielten Teleutosporen verschieden. Die meisten hierher gehörigen Roste sind autöcisch, wie der Rost der Runkelrüben, *Uromyces Betae*, TUL., von welchem KÜHN²⁾ nachgewiesen hat, dass im Frühjahr die von den Teleutosporen stammenden Sporidien in den Runkelrübenblättern das Aecidium erzeugen und durch die Aecidiensporen auf derselben Nährpflanze der eigentliche aus Uredo und Teleutosporen bestehende Rost hervorgebracht wird. Den gleichen Entwicklungsgang des Pilzes hat de BARY³⁾ bezüglich des Rostes der Papilionaceen constatirt, von welchem gegenwärtig eine Reihe von *Uromyces*-Arten, durch Merkmale der Teleutosporen untereinander abweichend, unterschieden werden.⁴⁾

Von besonderem pathologischem Interesse sind die Veränderungen, welche das Aecidium *Euphorbiae*, PERS., auf *Euphorbia Cyprissias* hervorbringt. Das Mycelium durchzieht einen ganzen oberirdischen Spross und zwar schon von dessen Jugendzustande an. Derselbe entwickelt sich in Folge dessen in einer ganz abweichenden Form, die kaum noch an die Wolfsmilch erinnert. Diese Sprosse bilden niemals Blüthen, sondern sind bis zur Spitze mit Blättern besetzt, gewöhnlich erreichen sie die Höhe der normalen nicht ganz, wachsen gerade aufrecht, völlig unverzweigt; die Blattstellung ist unverändert, aber die Blätter sind statt genau lineal, schmal und langgestreckt kaum vom dritten Theil der normalen Länge und länglichrund oder eirund. Die deformirten Blätter sind auf der Unterseite mit den orangerothen Aecidienbecherchen besetzt. Die ersten Blätter solcher Sprosse sind gewöhnlich noch annähernd normal; es folgen dann die abnormen, von denen die zuerst erscheinenden gewöhnlich nur mit zahlreichen, gelbbraunen, punktförmigen Spermogonien unterseits bedeckt sind, welche einen süßlichen Duft verbreiten; darauf kommen bis zur Spitze lauter accidientragende Blätter. Der Spross schliesst in dieser Form ab, selten wächst seine Endknospe später unter Bildung normaler Blätter weiter. Diese kranken Sprosse haben wohlgebildetes Chlorophyll; die Stengel und die Blattoberseiten sehen grün aus, und alle Organe sind vollkommen lebenstätig; aber bald nachdem die Sporen gereift sind, sterben diese Sprosse ab. In ganz ähnlicher Form tritt *Uromyces scutellatus*, LÉV., auf *Euphorbia Cyprissias* und einigen verwandten Arten auf: die befallenen Triebe sind oberwärts ebenso mit lauter eirunden, kurzen Blättern besetzt, aus deren Unterseite runde, braune, staubige Häufchen von Teleutosporen hervorbrechen. Nach de BARY's⁵⁾ Angaben würde das Aecidium ein selbständiger, nicht generationswechselnder Parasit sein, dessen Sporen sogleich nach der Reife keimfähig nach Art von Teleutosporen ein sporidientragendes Promycelium bilden und aus dessen Sporidien sich ein Mycelium in der Wolfsmilch entwickelt, das nach Jahresfrist wiederum Spermogonien und Aecidien bildet. Dagegen hat neuerdings SCHRÖTER⁶⁾ mitgetheilt, dass es ihm gelungen sei, aus den Sporen des Aecidiums der Wolfsmilch auf Erbsen, *Vicia Cracca* und *Lathyrus pratensis* den Uredozustand des *Uromyces Pisi* zu erzeugen.

¹⁾ Vergl. MAGNUS, Bot. Zeitg. 1874, pag. 329, und REESS, Sitzungsber. d. phys.-medic. Soc. Erlangen, 13. Juli 1874.

²⁾ Zeitschr. des landw. Centralver. d. Prov. Sachsen, 1869, Nr. 2.

³⁾ Ann. sc. nat. 4. sér. T. XX.

⁴⁾ Vergl. SCHRÖTER in Hedwigia 1875, pag. 161.

⁵⁾ Morphologie und Physiologie der Pilze etc., pag. 188.

⁶⁾ Hedwigia 1875, pag. 98.

Ausserdem giebt es noch mehrere Uredineengattungen, von denen man nur Uredo- und Teleutosporen kennt, die auf einer und derselben Nährpflanze einander folgen. So die Arten von *Phragmidium* mit gestielten, durch Querscheidewände vielzelligen Teleutosporen, welche einen Rost auf Rosen, Brombeer- und Himbeersträuchern, Potentillen etc. bilden; die Arten von *Melampsora*, deren Teleutosporen sich in Form parenchymatischer Lager unterhalb, beziehendlich innerhalb der Epidermis bilden, den Rost auf *Linum*, *Euphorbia*, *Salix*, *Populus* etc. erzeugend, die Arten von *Cronartium* mit Teleutosporen, die zu einem säulenförmigen Körper verwachsen sind, etc.

3. *Gymnosporangium* und der Gitterrost der Kernobstgehölze.

An den lebenden Stämmen und Aesten von Coniferen, besonders der *Juniperus*-Arten, kommt ein Rost vor, *Gymnosporangium*, DC. oder *Podisoma*, LINK, dessen 2—4 Centim. lange, 1—2 Centim. dicke, stumpf kegelförmige, gelbe bis braune, bei Feuchtigkeit gallertartige Fruchtkörper meist zu vielen beisammenstehend aus der Rinde hervorbrechen. Diese Auswüchse bestehen aus zahlreichen, durch Gallerte zusammengehaltenen, farblosen, einzelligen, von der Basis gegen die Oberfläche hingerichteten Fäden; dies sind die Stiele der zweizelligen orangefarbenen Sporen, die auf den Enden derselben stehen und daher zumeist an der Oberfläche sich befinden. Die im Frühjahr erscheinenden Sporenhäufchen verschleimen nach einiger Zeit mehr oder weniger vollständig, indem die Aufquellung der Stiele fortschreitet, verschwinden endlich und hinterlassen helle, von der aufgeborsteten Rinde umsäumte Narben. An denselben Stellen, wo die Fruchtkörper stehen, findet man das Mycelium des Pilzes im Innern der Rinde, die Zellen derselben umspinnend. Nach CRAMER¹⁾ perennirt das Mycelium des *Gymnosporangium fuscum* in den einmal ergriffenen Stellen der Aeste der *Juniperus Sabina* und breitet sich weiter aus; schon Anfang November werden die für das nächste Jahr bestimmten Teleutosporen-lager angelegt. Die von dem Parasiten befallenen Stellen der Aeste sind immer mehr oder minder angeschwollen. Diese Hypertrophie erstreckt sich nach CRAMER nicht bloss auf die Rinde, sondern auch auf das Holz, obwohl in dieses sowenig wie in das Cambium Pilzfäden eindringen. Trotzdem dass die älteren Geschwülste oberflächlich von den Narben der alten Sporenlager aufgerissen sind, bekleidet selbst an den dicksten Geschwülsten noch eine zusammenhängende, tiefere Rindeschicht das Cambium, und der Holzkörper ist intact. Aus diesem Grunde und weil der Parasit die grünen Theile verschont, leiden die Pflanzen unter dieser Krankheit verhältnissmäßig wenig.

Mit diesen Pilzen im Generationswechsel stehen Aecidiengenerationen, welche verschiedene Kernobstgehölze bewohnen und früher mit dem Gattungsnamen *Roestelia*, REBET., Gitterrost, bezeichnet wurden. Sie veranlassen an der Unterseite der Blätter und an jungen Früchten orangegelbe bis karminrothe, polsterartig verdickte Flecken, welche wie bei den echten Aecidiern aus einer Hypertrophie des Mesophylls hervorgehen, indem die Zellen desselben sich vermehren, das Chlorophyll verlieren und sich reichlich mit Stärkemehl erfüllen. Aus diesen Polstern brechen die Spermogonien und die Rösteliafrüchte hervor. Letztere haben wie die echten Aecidiern eine Peridie, welche gewöhnlich unterhalb der Spitze mit zahlreichen Längsspalten gitterartig sich öffnet, und

¹⁾ Ueber den Gitterrost der Birnbäume. Solothurn 1876. pag. 7.

bilden die Sporen nach Aecidiart durch kettenförmige Abschnürung. Die kranken Blattstellen erscheinen im Frühjahr, bald nachdem das *Gymnosporangium fructificirt* hat, und erreichen gegen Ende Juli ihre volle Grösse, worauf das Blatt ein kränkliches Aussehen und mehr gelbliche Farbe annimmt. Die Folge ist bei starkem Auftreten des Pilzes, besonders bei den Birnbäumen, dass das Obst vorzeitig abfällt. Bei mehrjährig wiederholter Pilzentwicklung kann nach CRAMER der Baum gänzlich absterben. Dass die Sporen des *Gymnosporangium* Teleutosporen sind und nach Art solcher mit Promycelium keimen, hat TULASNE¹⁾ erkannt, und OERSTED²⁾ hat nachgewiesen, dass aus den Sporidien dieser Pilze, wenn sie auf die Blätter von Pomaceen gesät werden, hier der Gitterrost als Aecidium-generation des Pilzes sich entwickelt. Dieser Nachweis ist bezüglich aller drei Arten dieses Rostes geliefert worden. Dagegen ist noch nichts beobachtet worden bezüglich der Wiederentwicklung des *Gymnosporangium* aus den Sporen der Rostelien.

Wir unterscheiden 1. *Gymnosporangium fuscum*, DC. (*Podisoma fuscum*, CORDA), auf *Juniperus Sabina*, *virginiana*, *oxycedrus*, *phoenicea*, zu welchem der Gitterrost der Birnbäume (*Roestelia cancellata*, REBENT.) gehört. Die Peridien sind bis 3 Millim. lang und öffnen sich mit Längsspalten gitterartig unter dem mützenartig ganzbleibenden Scheitel. Die Beobachtungen, die im Grossen über die Beziehungen dieser Krankheit zu dem Vorkommen der Sadebäume von OERSTED und besonders von CRAMER in der Schweiz angestellt worden sind, wo diese Conifere zur Herstellung von Hecken viel benutzt wird, weisen überzeugend auf den Zusammenhang des Gitterrostes mit dem Pilze auf *Juniperus* hin. 2. *Gymnosporangium clavariaeforme*, DC., auf *Juniperus communis*, dessen Aecidium der Apfelrost (*Roestelia penicillata*, FR.) ist. Dieser findet sich außer auf Apfelbäumen auch auf *Mespilus germanica*, *Sorbus chamaemespilus*, *Sorbus Aria* und auf den *Crataegus*-Arten. Er bildet langhalsige, bis 6 Millim. lange, von der Spitze bis mehr oder weniger weit gegen die Basis in Fasern zerriessende Peridien. 3. *Gymnosporangium conicum*, DC., ebenfalls auf *Juniperus communis*, erzeugt den Ebereschenrost (*Roestelia cornuta*, EHRH.) auf *Sorbus Aucuparia* und *torminalis*, sowie auf *Aronia rotundifolia*. Hier sind die langhalsigen Peridien oft hornförmig gekrümmt und zerriessen nur an der Spitze.

4. *Chrysomyxa abietis*.

Der in der Ueberschrift genannte Pilz ist die Ursache der unter dem Namen Fichtennadelrost oder Gelbfleckigkeit der Fichtennadeln, wol auch Gelbsucht der Fichten bekannten Krankheit. An den diesjährigen Nadeln bilden sich von Ende Juni an, wenn dieselben noch weich sind, in der ganzen Breite der Nadel strohgelbe Ringe oder Querbinden. Der übrige Theil der Nadel behält die grüne Farbe, und in diesem Zustande bleiben die Nadeln an den Zweigen bis zum folgenden Frühjahr. In den gelben Flecken wird schon im October oder November ein Teleutosporen-lager angelegt; aber erst im Mai erreicht es seine Ausbildung: auf den nun zweijährigen kranken Nadeln brechen auf der Unterseite an den gelben Flecken linienförmige, fest mit der Unterlage verwachsene, orangerothe Polster hervor. Sie bilden sich unter der Epidermis und der subepidermalen dickwandigen Zellschicht und durchbrechen beide. Das Parenchym

¹⁾ Ann. sc. nat. 4. sér. T. II. 1854.

²⁾ Bot. Zeitg. 1865, pag. 291 und 1867, pag. 222.

der kranken Stellen ist reichlich durchwuchert von den verästelten, septirten und gelbe Oeltropfen führenden Myceliumfäden; diese treffen unter den Sporenlagern zahlreich zusammen und verflechten sich; aus diesem Geflecht erheben sich die cylindrischen, büschelförmig verzweigten und durch Querscheidewände in mehrere übereinanderstehende Zellen getheilten, orangegelbes Oel im Protoplasma enthaltenden Teleutosporen. Nach erlangter Reife keimen dieselben noch auf den am Zweige stehenden Blättern unter Bildung eines Promycelium mit Sporidien, und nach der Keimung vertrocknen die Teleutosporen lager, aber auch die kranken Nadeln werden jetzt dürr und fallen ab. In diesem Verlust einjähriger Nadeln liegt der schädliche Charakter der Krankheit. Nach [REESS¹] ist der Pilz nicht generationswechselnd; seine Sporidien erzeugen in jungen Fichtennadeln ein neues Teleutosporen bildendes Mycelium.

5. Aecidienformen.

Wir stellen hier eine Reihe von Pflanzenkrankheiten zusammen, welche durch Rostpilze in Aecidienformen verursacht werden, deren zugehörige, wahrscheinlich heteröcische Teleutosporengeneration meist noch nicht bekannt sind und deren Entstehung daher meist noch in Dunkel gehüllt ist.

1. *Peridermium Pini*, WALLR., (*Aecidium Pini*, PERS.). Dieser Parasit lebt in zwei Formen auf zweierlei Theilen der Kiefer. Der die Aeste und Zweige bewohnende Pilz (*Peridermium Pini a. corticola*) hat zahlreiche, neben einander stehende, 3—6 Millim. grosse, blasenförmige, gelblichweisse Peridien, welche das orangegelbe Sporenpulver enthalten und auf ihren Basidien die Sporen zu 20 und mehr in einer Reihe tragen. Diese Früchte brechen aus der Borke hervor, die dadurch rissig und rauh wird und gewöhnlich bald Harzergüsse austreten lässt. Nach R. HARTIG²) zeigt sich der Blasenrost fructificirend gewöhnlich an den wenigjährigen Zweigen jüngerer Kiefern, und solche Zweige sterben bald ab; junge Pflanzen können dadurch bald zu Grunde gehen. In älteren Kiefernbeständen wird der mit dem Namen Krebs, Räude oder Brand der Kiefer oder als Kienpest oder Kienzopf bezeichnete Krankheitszustand ebenfalls durch das Mycelium dieses Pilzes veranlasst, welches im Bastkörper intercellular zwischen den Parenchymzellen und den Siebröhren wächst und zahlreiche Haustorien in's Innere der Zellen sendet. Durch die Markstrahlen gelangen die Myceliumfäden auch in den Holzkörper; hier ist ein Verkien des Holzes, zum Theil eine Zerstörung der Harzkanäle und ein Ausfliessen des Terpenthins nach Aussen die Folge. Bildung von Jahresringen unterbleibt an solchen Stellen und der Ast oder Stamm wächst nur noch an derjenigen Seite in die Dicke, welche vom Pilze nicht ergriffen ist. Endlich kann das Mycelium und die Krankheit den Stamm in seinem ganzen Umfange umklammern, worüber oft ein Zeitraum von 50 und mehr Jahren vergeht. Dann stirbt der über der krebsigen Stelle liegende, jetzt Zopf genannte Stammtheil ab. Die andere, auf den Kiefernadeln wachsende Form des Blasenrostes, welche kleinere Peridien bildet und deren Mycel im Mesophyll wuchert, hat nur den Verlust der befallenen Nadeln zur Folge. Nach WOLFF³) ist dieser Pilz die Aecidiumgeneration des auf den als Waldunkräuter auftretenden *Senecio*-Arten häufigen rothen Rostes *Coleosporium Senecionis*; es ist Demselben gelungen, durch Aussaat der Sporen von *Peridermium* auf die Blätter dieser Kräuter den genannten Rost zu erzeugen.

2. *Aecidium elatinum*, ALB. et SCHW., (*Peridermium elatinum*, KZE. et SCHM.). Dieser die Weisstannen bewohnende Rostpilz verursacht nach DE BARY's⁴) Untersuchungen den Hexen-

¹) Bot. Zeitg. 1865, Nr. 51 u. 52, und besonders: Rostpilzformen der deutschen Coniferen in Abh. d. naturf. Ges. Halle, XI. Bd., pag. 80.

²) Bot. Zeitg. 1873, pag. 355, und besonders: Wichtige Krankheiten der Waldbäume, Berlin 1874.

³) Bot. Zeitg. 1874, und besonders Landwirth. Jahrb. 1877, pag. 723 ff.

⁴) Bot. Zeitg. 1867, No. 33.

besen und den Krebs oder Rindenkrebs der Weisstanne. Die Hexenbesen stimmen mit dem gleichnamigen, aber durch andere Ursachen veranlassten Bildungsabweichungen (vgl. pag. 351) anderer Bäume in der vermehrten Bildung von Sprossen überein. Sie wachsen senkrecht aufwärts und sehen aus wie kleine, dem Baume aufgewachsene, selbständige Bäumchen oder Büsche. Ihre Nadeln stehen um den Spross zerstreut und abstehend und viele bringen aus ihren Achsen ebenfalls abstehend gerichtete Zweige mit wiederum ringsum zerstreuten Nadeln. Auch die Nadeln sind abweichend gebildet: kürzer und relativ breiter, meist gelbgrün gefärbt. Auf ihrer Unterseite brechen die Aecidienfrüchte in zwei parallelen Reihen hervor als niedrige, gelbweisse Becher, welche orangegelbe Sporen enthalten. An der oberen Seite der aecidientragenden Nadeln befinden sich die Mündungen kleiner Spermogonien als orangefarbene Pünktchen. Die Nadeln und sämmtliche Achsen des Hexenbesens sind von den farblosen, septirten und mit Haustorien in die Zellen eindringenden Mycelfäden durchwuchert. Die Hexenbesen können bis zu 20 Jahren alt werden; das Mycelium perennirt in ihnen und wächst im Frühjahr in die neuen Triebe und Nadeln derselben hinein, um wieder zu fructificiren. — Der Krebs der Weisstanne bildet meist an älteren Stämmen ringsum tonnenförmige Anschwellungen mit stark rissiger Rinde, über welchen der Stamm meist etwas dicker als darunter ist. Die Jahresschichten des Holzkörpers haben hier sowol unter einander, als auch jede einzelne an verschiedenen Stellen ungleiche Dicke; stellenweise unterbleibt die Holzbildung ganz, der Holzkörper wird dadurch gefurcht und die Lücke durch Rindegewebe ausgefüllt. Der Verlauf der Holzfasern ist daselbst unregelmässig geschlängelt, maserartig. In der Rinde findet eine starke Vermehrung der Zellen des Rinde- und Bastparenchys statt, welche in radialen Reihen stehen. Damit hängt ein vielfaches Bersten der Rinde an der Oberfläche zusammen. Dies kann bis zur Entblössung des Holzkörpers fortschreiten. Letzterer wird an diesen Stellen mehr oder minder morsch; daher an krebsigen Stellen leicht Windbruch stattfindet. In den Krebsgeschwüsten findet sich stets ein Mycelium, dessen Fäden zwischen den Zellen des hypertrophierten Rinde- und Bastgewebes wachsen und auch in die Cambiumschicht und, wiewol spärlicher, in das Holz eindringen. Das Mycelium ist demjenigen in den Hexenbesen gleich, fructificirt aber an den Krebsstellen nicht. Dass die Pilze beider Krankheiten specificisch identisch sind, geht daraus hervor, dass an der Basis jedes Hexenbesens eine kleine Krebsgeschwulst vorhanden ist, dass bisweilen auch an älteren Krebsstellen Hexenbesen sitzen, und dass, wo dieses der Fall ist, die Mycelien beider Theile mit einander im Zusammenhange stehen. Die zu diesem Aecidium gehörige Teleutosporengeneration ist bis jetzt unbekannt.

3. Zwei auf die einzelne Nadel beschränkte, aber durch die Entblätterung, die sie verursachen, schädliche Rostpilze sind das Tannennadeläcidium (*Aecidium columnare*, ALB. et SCHW.) auf den Weisstannen und das Fichtennadeläcidium (*Aecidium abietinum*, ALB. et SCHW.) auf den Fichten, letzteres besonders in den Alpen an der oberen Grenze des Fichtengürtels.¹)

4. *Caeoma pinitorum*, A. BR., die Ursache der Kieferndrehkrankheit, befällt junge Kiefernsämlinge von 1- bis 10jährigem Alter. Die orangegelben, dem Gattungscharakter entsprechend peridienlosen, ausgebreiteten Fruchtlager brechen immer aus den jungen Trieben im Juni hervor und veranlassen deren Absterben, wenn sie in der ganzen Peripherie des Zweiges sich gebildet haben oder nur eine Biegung, wenn sie einseitig an dem Zweige entstanden sind. Keimpflanzen und wenigjährige Kiefern gehen meist durch den Pilz zu Grunde. Der Generationswechsel ist noch nicht aufgeklärt.

5. *Caeoma Laricis*, R. HARTIG, der Lärchenadelrost, befällt nur die Nadeln der Lärche, mit kleinen gelben Sporenhäuschen aus denselben hervorbrechend und rasches Gelbwerden und Verderben der Nadeln bewirkend. Auch von ihm ist noch keine Teleutosporenform bekannt.

¹) DE BARY hat jüngst (Bot. Zeitg. 1879) gezeigt, dass das Fichtenäcidium im Generationswechsel steht mit einem auf den Alpenrosen, desgl. auf *Ledum palustre* vorkommenden Roste, den SCHRÖTER als *Coleosporium Ledi* bezeichnet hatte und den DE BARY *Chrysomyxa Rhododendri* nennt.

Kapitel 8.
Die durch Hymenomyceten verursachten Krankheiten.

I. Exobasidium.

Diese Gattung ist durch ihren Parasitismus auf Blättern, Stengeln und Wurzeln und mehr noch durch die von allen übrigen Hymenomyceten abweichende, sehr einfache Fruchtbildung charakterisiert, indem sie keinen eigentlichen Fruchtkörper, sondern eine blosse Hymeniumschicht besitzt, welche in der Epidermis der Nährpflanze gebildet wird und aus dieser hervortritt. Dieselbe besteht aus typischen Hymenomyceten-Basidien, die am Scheitel auf 4 feinen Aestchen (Sterigmen) eben so viele Sporen abschnüren. Das Mycelium ist im Parenchym der befallenen Theile verbreitet, die dadurch zu Gallen deformirt werden. So bringt *Exobasidium Vaccinii*, WORON., auf den Blättern von *Vaccinium Vitis idaea*, *Myrtillus* und *uliginosum* grosse, fleischige, weisse Anschwellungen hervor, welche durch eine Hypertrophie des Parenchyms zu Stande kommen.¹⁾ *Exobasidium Rhododendri*, FUCKEL, verursacht auf den Blättern der Alpenrosen (*Rhododendron ferrugineum*) Galläpfeln ähnliche, rothwangige, parenchymatöse Auswüchse. *Exobasidium Lauri*, GEYLER, schmarotzt in den sogen. Luftwurzeln von *Laurus canariensis*, d. s. am Stamme entspringende, elenngewehähnliche, bräunlichgelbe Auswüchse, die nach GEYLER's²⁾ Vermuthung nicht Wurzeln, sondern durch den Pilz verbildete Schösslinge des Stammes sein könnten.

II. Die grösseren, auf Bäumen schmarotzenden Schwämme.

An Stämmen und Aesten, sowie an Stöcken oder Wurzeln lebender Bäume wachsen, wie allbekannt, sehr häufig grössere Schwämme, ähnlich denen, die auf Waldboden vegetiren. Dabei zeigen sich gewöhnlich die Partien des Baumes, aus denen sie hervorbrechen, mehr oder weniger abgestorben. Im Volke werden diese Erscheinungen insgesammt »der Schwamm« genannt und wird nicht weiter darnach gefragt, welche Beziehung zwischen der Verderbniss der Pflanze und der Pilzentwicklung besteht. Wissenschaftlich neigte man sich bis vor nicht langer Zeit der Ansicht zu, dass diese Pilze eigentliche Saprophyten seien, die sich in Theilen des lebenden Stammes ansiedeln, nachdem dieselben aus irgend einer Ursache abgestorben sind, indem man an die zahlreichen, jenen sehr ähnlichen, auf lebloser Unterlage wachsenden Schwämme dachte, wo dieses Verhältniss unzweifelhaft ist. Durch die unten zu citirenden Arbeiten R. HARTIG's ist aber bereits für eine grosse Anzahl dieser Baumschwämme festgestellt, dass sie lebende Theile des Baumes als Parasiten befallen können, in diesen allmählich sich entwickeln und ausbreiten und dadurch erst den befallenen Theil krank machen, dessen Zersetzungerscheinungen sich dann mit der Pilzentwicklung steigern. In den durch diesen Prozess erkrankten und sogar in den abgestorbenen Theilen vermag der Pilz sich noch weiter zu ernähren, gelangt hier sogar gewöhnlich erst zur vollständigen Entwicklung der Fruchtkörper, so dass es aussieht, als sei der nun erst auffallend werdende Pilz secundär an dem in Zersetzung begriffenen Theile aufgetreten. Der Pilz ist daher allerdings nicht so streng parasitisch wie etwa die Rostpilze und die vorerwähnten Exobasidien, sondern seine Ernährungsbedingungen halten die Mitte zwischen dem parasitischen und dem saprophytischen.

¹⁾ Vergl. WORONIN, Verhandl. d. naturforsch. Ges. zu Freiburg 1867. Heft IV.

²⁾ Bot. Zeitg. 1874, No. 21.

(pag. 362) Modus. Und wie Versuche gezeigt haben, kann man diese Pilze sogar auf leblosem Substrat cultiviren, auch hat man sie an den Bäumen bisweilen in Begleitung von Zersetzungerscheinungen angetroffen, die aus anderen Ursachen entstanden waren. Allein der von R. HARTIG geführte Nachweis, dass sie auch parasitisch und als primäre Krankheitserreger auftreten können und dass dieses Verhältniss in der Natur sogar das gewöhnliche ist, weist ihnen jetzt auch in der Pflanzenpathologie einen wichtigen Platz an.

Hinsichtlich der Organisation dieser Pilze sei hier nur bemerkt, dass ihre meist ansehnlichen, unter dem Namen Schwämme allgemein bekannten Fruchtkörper fast immer aus dem Substrat, den der Pilz bewohnt, hervorwachsen, auswendig an den Stämmen, Aesten oder Wurzeln erscheinen. Wir unterscheiden an ihnen immer leicht die meist durch ihre eigenthümliche Figuration ausgezeichnete, gewöhnlich die Unterseite der Körper einnehmende Partie, an welcher sich das Hymenium befindet. Nach der Gestalt dieser hymenialtragenden Seite werden hauptsächlich die Gattungen dieser Pilze unterschieden. Im Innern des Substrates ist das Mycelium vorhanden, und sehr oft wächst es dort, ohne dass es durch die Anwesenheit von Fruchtkörpern auswendig verrathen würde, weil die Fruchtbildung bei diesen Pilzen meist spät, oft gar nicht eintritt. Man findet dann auch die durch den Pilz veranlasste Krankheit, ohne dass äusserlich ein Schwamm zu bemerken ist. Doch ist dann immer das Mycelium im Innern zu finden. Seine Fäden durchwuchern die Gewebe, besonders das Holz; aber wo es sich in inneren Lücken reichlicher entwickeln kann, wird es gewöhnlich in Form eines schimmelartigen Gewebes auffallender; bei manchen nimmt es auch die eigenthümliche Form der Rhizomorphen an, von der unten die Rede ist.

Die Wirkung dieser Pilze erweist sich immer als eine die befallenen Gewebe unmittelbar, bald langsamer, bald schneller zerstörende und tödende, unter eigenthümlichen Zersetzungerscheinungen, aus denen je nach der Art des befallenen Organes verschiedene krankhafte Folgen für das Leben der ganzen Pflanze sich ergeben.

1. *Agaricus melleus*, VAHL. R. HARTIG¹⁾ hat nachgewiesen, dass das Mycelium dieses Pilzes die Ursache einer sehr verbreiteten und verderblichen Krankheit in den Nadelholzwaldungen ist, wobei einzelne Bäume, besonders zwischen dem 5jährigen und 30jährigen Alter plötzlich absterben, was in den folgenden Jahren auch mit den Nachbarpflanzen geschieht, so dass kleinere und grössere Lücken in den Beständen entstehen. Die Krankheit ist beobachtet worden an *Pinus sylvestris*, *Strobus* und *Pinaster*, *Abies excelsa* und *pectinata*, *Larix europaea*, *Chamaecyparis sphaeroidea* und *obtusa*, ferner an *Prunus avium*, *Sorbus aucuparia*, *Crataegus monogyna*, *Betula alba*, *Fagus sylvatica*.²⁾ In der Nähe der Wurzeln findet sich in der Erde die für diesen Pilz charakteristische Myceliumform, welche man als *Rhizoconia subterranea* bezeichnet. Diese wurzelähnlichen, dunkelbraunen, verzweigten Stränge umklammern hier und da die Wurzeln, dringen in deren Rinde ein und wachsen zwischen Bast und Holzkörper weiter in Gestalt mehr plattgedrückter, bandförmiger, ebenfalls brauner Rhizomorphenstränge (*Rhizomorpha*

¹⁾ Wichtige Krankheiten der Waldbäume, pag. 12 ff. und Zersetzungerscheinungen des Holzes, pag. 59. ff.

²⁾ Auch die 1871 in den Cevennen und seitdem in verschiedenen anderen Gegenden Frankreichs beobachtete Wurzelkrankheit der Kastanienbäume wird von einem Pilzmycel verursacht, welches nach den von PLANCHON (Compt. rend. 1878, pag. 583 und 1879, pag. 65) gemachten Mittheilungen mit dem des *Agaricus melleus* identisch zu sein scheint.

subcorticalis, PERS., oder *Rh. fragilis*, ROTH.), welche aber auch in fächerförmig verbreitete, schneeweisse Myceliumlappen übergehen. Der im lebenden Baste der Wurzeln wachsende Pilz tödtet dieselben, und diese zeigen dann aufgesprungene Rinde und bei den Nadelhölzern meist reichlichen Harzerguss, weshalb bei diesen Bäumen die Krankheit Harzsticken oder Erdkrebs genannt wird. Der Tod der Wurzeln führt rasch das Dürrwerden und Absterben des ganzen Baumes herbei. R. HARTIG hat aus dem Mycelium, welches in den kranken Wurzeln verbreitet ist, die hutförmigen Fruchträger des *Agaricus melleus*, eines unter dem Namen Hallimasch bekannten essbaren Schwammes, hervorgehen sehen an *Pinus sylvestris* und *Strobus*, *Abies excelsa*, *Larix europaea*, *Prunus avium*, *Sorbus aucuparia*, *Betula alba*. Sie erscheinen am Grunde der Stämme oder an den Wurzeln der von dem Pilze getödteten Bäume und entspringen entweder von den hautartig ausgebreiteten Myceliumlappen, die zwischen den Rinderissen des Stockes oder der oberflächlich streichenden Wurzeln hervorkommen oder aus den Rhizomorphensträngen, welche von den Wurzeln aus die Erde durchziehen. Von der *Rhizomorpha subcorticalis* aus dringen auch Myceliumfäden in den Holzkörper, theils durch die Markstrahlen, theils unmittelbar die Holzfasern durchbohrend, und bewirken eine Zersetzung des Holzes, die durch eine Bräunung angezeigt wird, welche als feine, dunkle Linie immer tiefer in das Innere des Holzes vorrückt. Der zwischen der braunen Linie und der Oberfläche liegende Theil des Holzkörpers ist schmutziggelb, sehr weich und mürbe. Die Mycelfäden bohren hier sowol horizontale als auch lothrechte Kanäle in den Wandungen der Holzzellen, welche dabei Cellulosereaction annehmen und sich endlich auflösen, indem sie von innen nach aussen allmählich dünner werden. Die dunkle Grenzlinie wird veranlasst durch sich braun färbendes Mycelium, dessen Hyphen hier blasenförmige Anschwellungen bilden, die meist das ganze Innere der Zellen als blasig schaumige Zellgewebsmasse ausfüllen. In den unterirdischen Theilen sind die Bedingungen für eine kräftige Entwicklung des Pilzes und für die Zersetzung erscheinungen im höchsten Grade gegeben und es ist nach R. HARTIG's Beobachtungen nicht zweifelhaft, dass der Pilz hier auch nach dem Absterben der Wurzeln auf denselben als Saprophyt weiter vegetirt. Die Möglichkeit einer solchen Ernährung ist auch durch BREFELD's¹⁾ Versuche dargethan, nach denen der Pilz auch auf Pflaumendecoc und Brotrinde sich aus Sporen bis zur Bildung von Mycelium und Rhizomorphensträngen erziehen lässt. Die Gegenmaassregeln gegen diese Wurzelkrankheit werden also bestehen in der Anlegung von Isolirgräben rings um die erkrankten Waldplätze, um die unterirdische Infection durch das Mycelium zu verhüten, und in der Ausrodung der abgestorbenen Wurzeln und Stöcke.

Wahrscheinlich mit *Agaricus melleus* identisch oder sehr nahe verwandt ist derjenige wurzelnzerstörende Pilz, welcher eine in den letzten Jahren in Frankreich, der Schweiz und in Baden aufgetretene verheerende Krankheit des Weinstocks verursacht, die man als »*Blanc des racines*«, »*Blanquet*«, »*Champignons blanc*«, »*Pourridit*« bezeichnet, mehrfach wol auch mit den Verheerungen der Reblaus verwechselt hat. In den Weinbergen beginnen an einzelnen Stellen die Reben zu kränkeln und abzusterben; diese Stellen werden allmählich grösser, indem das Absterben am Rande ringsum fortschreitet. Und wenn auf die leergewordenen

¹⁾ Sitzungsber. d. Gesellsch. naturf. Freunde zu Berlin, 16. Mai 1876. — Bot. Zeitg. 1876, pag. 646.

Stellen andere Pflanzen (z. B. Bohnen, Kartoffeln, Runkeln) gebaut werden, so gehen diese unter denselben Erscheinungen zu Grunde. Ueber diese Krankheit, bei welcher ich ein dem *Agaricus melleus* sehr ähnliches, die Wurzeln zerstörendes Mycelium (in Form von Häuten, Strängen und echten Rhizomorphen) gefunden und deren Uebertragbarkeit vom Weinstock auf Bohnen durch den Pilz ich experimentell constatirt habe, ist eingehender in meinen »Krankheiten der Pflanzen« berichtet.

2. *Trametes radiciperda*, R. HART., ist die Ursache einer Zersetzung erscheinung des Holzes, welche vorzugsweise mit zu denjenigen gehört, welche bisher als Rothfäule bezeichnet wurden.

Nach R. HARTIG¹⁾ befallt der Pilz vorzugsweise Fichten und Kiefern, auch Weimuthskiefern. Seine Fruchträger sitzen äusserlich an den durch den Parasiten getödteten Wurzeln und Stöcken gewöhnlich zahlreich beisammen und verwachsen oft nachträglich untereinander zu grösseren Fruchtkörpern, die nicht selten 10 bis 30, ausnahmsweise selbst 40 Centim. nach einer Richtung Flächenausdehnung haben. Es sind sogen. umgewendete Hüte, d. h. stiellose, mit der einen Seite aufgewachsene, meistens etwa 5 Millim. dicke, lederartige Körper, welche auf der freien Seite mit der weissen Porenschicht bekleidet sind; stellenweise hebt sich aber auch am Rande der Fruchtkörper zurück und stellt sich frei, seine chocoladenbraune, gefurchte und bucklige sterile Seite zeigend; der Rand ist etwas wulstig und beiderseits weiss. Bei der Fichte wird die Krankheit erkennbar an dem Vertrocknen der ganzen Pflanze. An jüngeren Bäumen geschieht das oft plötzlich. Die Krankheit zeigt ihre ansteckende Wirkung darin, dass neben dem abgestorbenen Baume meist noch ein oder mehrere erkrankte sich befinden; und da dieses Absterben der Nachbarbäume auch dann nicht aufhört, wenn die düren Bäume gefällt werden, so entstehen in den Beständen Lücken und Blössen, die in 5-10 Jahren eine Grösse von 10 Ar und mehr erreichen sollen. Das Absterben und Dürrwerden ist die Folge einer Fäulniss der Wurzeln, verursacht durch den in denselben lebenden Parasiten. Man findet an den Stöcken und Wurzeln die oben beschriebenen, weissen Fruchträger in verschiedener Form und Grösse. Da sie sich nur im freien Raume bilden können, so entwickeln sie sich häufiger im lockeren als im festen Boden. Ausserdem finden sich, auch wo keine Fruchträger gebildet sind, stecknadelkopfgroße und grössere, gelbweisse Pilzpolster, die auf der Rinde der Wurzeln zum Vorschein kommen. Es sind Anfänge von Fruchträgern, und man bemerkt beim Abheben der Rindeschüppchen, dass es die Endigungen zarter, weisser Pilzhäute sind, die bald papierartig bald nur wie ein Schimmelanflug erscheinen und zwischen den Rindeschuppen von innen aus sich entwickelt haben. Wurzeln und Wurzelstock solcher Bäume sind verfault. Von der infizirten Wurzel aus greift die Holzersetzung stammaufwärts weiter. Von oben nach unten sind dann alle Stadien der Zersetzung vertreten. Letztere zeigt nach einander folgende Symptome. Zuerst tritt in dem gelblichweissen gesunden Holze schmutzig violette Färbung auf; diese geht über in völlig ausgebleichte, hellgelblichweisse Farbe und wird dann schnell bräunlichgelb oder hellbraun. Auf dem bräunlichen Grunde treten zahlreiche kleine schwarze Flecken, besonders im lockeren Frühjahrsholze der Jahresringe auf. Besonders die grösseren schwarzen Flecken umgeben sich mit einer weissen Zone. Mit fortschreitender Zersetzung gehen sie fast sämmtlich verloren, während die weissen Flecken sich vergrössern und zusammenfließen so dass das Frühjahrsholz zuletzt ganz zerfasert und verpilzt ist, eine lockere, weisse Substanz darstellt, welche das übrig gebliebene gelbliche Holzgewebe überwiegt. Solches Holz hat im nassen Zustande die Eigenschaften des Badeschwammes, im trockenen schrumpft es auf die Hälfte oder ein Dritttheil seines Volumens zusammen und ist dann federleicht. Während das faule Holz harzarm ist, schlägt sich Harz an der Grenze des gesunden Holzes im Innern der Holzfasern und Markstrahlzellen nieder. Ist die Fäulniss soweit nach aussen gedrungen, dass nur noch ein schmaler gesunder Splintstreifen vorhanden ist, und auch wenn endlich die Fäulniss bis an den Bast vorgerückt ist, so ergiesst sich der Terpentin nach aussen. Solche Harzflüsse zeigen sich dann zuerst auf der Seite, an welcher die infizierte Wurzel sich befindet, und sind ein sicheres Zeichen innerlicher Rothfäule. Bei der Weimuthskiefer und der gemeinen Kiefer ist der Krankheitsverlauf im

¹⁾ Zersetzungerscheinungen des Holzes, pag. 14 ff. Taf. I—V.

Wesentlichen derselbe. Nur bewirkt hier der grössere Harzgehalt eine vollständige Verkienung des gesunden Holzes, die bei der gemeinen Kiefer sogar ein Empordringen des Pilzmyceliums und der Holzersetzung über den Stock verhindert, daher die Abbiebsfläche des getöteten Kiefernastes nur einige hellbraungelbe Flecken zeigt. Das Mycelium des Pilzes besteht aus meist isolirt bleibenden, spärlich septirten Hyphen mit reichlicher Verzweigung, besonders mit vielen kürzeren, rechtwinkelig stehenden Seitenhyphen, welche an vielen Punkten die Zellwände durchlöchern. Es wächst zunächst im Bastkörper fort, von dort dringt es durch die Markstrahlen in den Holzkörper und verbreitet sich dort nach allen Seiten. Das erste Stadium der Rothfäule, die schmutzigviolette Farbe des Holzes, besteht in der Bräunung des Inhaltes der Markstrahlzellen, in welchen zugleich etwa vorhandene Stärkekörner aufgelöst werden. Mit der Verzehrung des Markstrahlthaltes schwindet die violette Farbe. Der durch weissgelbe, dann bräunlichgelbe Farbe charakterisierte nächste Zustand zeigt die Myceliumfäden in den Holzzellen mit viel reichlicher entwickelten Seitenästen, durch welche die Zellwände an zahllosen Stellen durchbohrt sind. Das Holz ist jetzt bereits chemisch verändert; aus der von R. HARTIG mitgetheilten Analyse dieses Zersetzungszustandes ergiebt sich, dass es specifisch leichter geworden ist und die Substanz bei fast unverändertem Wasserstoffgehalte an Kohlenstoff relativ zugenommen hat. Im nächsten Stadium ist die chemische Veränderung in demselben Sinne weiter fortgeschritten. In den weissen Flecken, die jetzt um die schwarzen Myceliumnester auftreten, bestehen die Membranen der Holzzellen nur noch aus reiner Cellulose (reagiren auf Chlorzinkjod violett), das Lignin ist aufgelöst oder umgewandelt, und zwar zuerst in den inneren Membranschichten, zuletzt in der äusseren oder primären Membran; letztere löst sich dann rasch vollständig auf, so dass die Holzzellen sich isoliren und auch ihre Tüpfel nicht mehr erkennen lassen. Ausserhalb der weissen Flecke, in den bräunlichgelben Holzpartien, werden dagegen die inneren Membranschichten zuerst in Cellulose umgewandelt und aufgelöst, die dünnen primären Membranen und die Tüpfel bleiben am längsten resistent. Da das Frühjahrsholz weniger lange widersteht als das meist mit Terpenthin sich füllende Herbstholtz, und von den weissen Flecken die Zersetzung sich besonders nach oben und unten schneller verbreitet, so findet mehr ein Zerfallen des Holzes in lange Faserpartien statt. R. HARTIG hat durch Infectionsversuche den Beweis geliefert, dass der Pilz die Ursache der Rothfäule ist. Er band ein mycelhaltiges, frisches Rindestück auf die gesunde unverletzte Wurzel einer Kiefer und bedeckte die Wurzel wieder mit Erde; von der bezeichneten Stelle aus fand er das Mycelium in Rinde- und Bastgewebe der Wurzel eingedrungen und durch die Markstrahlen in den Holzkörper sich verbreiten. Von 6 etwa 2—3 Meter hohen Kiefern, die in dieser Weise inficirt wurden, starben 4 binnen $1\frac{1}{2}$ Jahren unter allen Symptomen der Krankheit. In den Beständen sind ausnahmslos die dem Infectionsserde zugekehrten Wurzeln der Nachbarstämme erkrankt. Kreuzungsstellen einer kranken mit einer gesunden Wurzel und namentlich Verwachung der Wurzeln, wie dies im Boden häufig vorkommt, sind die Infectionspunkte. Die Sporen sind zwar sogleich nach der Reife keimfähig, doch ist es noch nicht gelungen aus ihnen die Entwicklung des Pilzes zu verfolgen. Auch hier kann dem Weitergreifen des Pilzes nur durch Ziehen von Isolirgräben im Boden rings um die inficirten Stellen Einhalt gehalten werden.

R. HARTIG, (l. c.) hat noch von einer ganzen Reihe von Baumschwämmen nachgewiesen, dass sie ebenfalls Parasiten sind und jeweils bestimmte Krankheiten und Zersetzungerscheinungen des Holzes verursachen.

Ausser den Pilzen giebt es noch andere pflanzenbewohnende Schmarotzerpflanzen; diese bringen aber an ihren Wirthen entweder keine pathologische Wirkung oder nur eine solche von meist geringerer Bedeutung hervor, weshalb sie hier nur angedeutet werden mögen. Von den bekannten parasitischen Algen, über welche in der Abhandlung über die Algen Näheres zu finden ist, hat mit Ausnahme der von KÜHN¹⁾ in gelblich werdenden Blattflecken von *Arum Arisarum* zwischen den Parenchymzellen gefundenen Siphonee *Phyllosiphon Arisari*, KÜHN, keine eine bemerkbar schädliche Wirkung.

¹⁾ Sitzungsber. d. naturf. Gesellsch. Halle 1878.

Von den phanerogamen Parasiten, deren mannigfaltige, ihren Bedürfnissen und den Verhältnissen ihrer Wirthen angepasste Organisation hier als bekannt vorausgesetzt werden muss, sind einige von schädlichem Einfluss auf ihre Wirthen.

Hier stehen in erster Linie die Cuscuteen, besonders die Flachsseide (*Cuscuta epilinum*) und die verschiedenen Arten der sogen. Kleeseide (*Cuscuta epithymum*, *europaea* etc.) auf Klee, Luzerne etc. Die Verheerungen, welche diese Parasiten anrichten, sind um so intensiver je kleiner die befallenen Pflanzen gegenüber der Massenentwicklung der Parasiten sind; so werden Sträucher, Hopfen und andere kräftige Pflanzen, wenn sie von *Cuscuta* angegriffen werden, nicht eigentlich getötet, wie es mit dem niedrigen Klee fast immer der Fall ist. Die Wirkung ist ohne Zweifel zum Theil eine rein mechanische: die Pflanzen werden durch die oft ungeheure Masse der um sie gewundenen Schlingpflanze niedergedrückt und erwürgt, sie vermögen kein einziges Blatt ordentlich zu entfalten; sie werden wegen Mangel an Raum, Luft und Licht ersticken. Dazu kommt allerdings die aussaugende Wirkung, die der wurzellose, lediglich durch seine Haustorien in den Organen des Wirthes befestigte Parasit ausübt, welcher wegen seines Chlorophyllmangels seine gesammte Nahrung aus jenen zieht. Die Folge ist ein völliges Absterben und Vertrocknen der befallenen Pflanzen, das Entstehen von Fehlstellen in den Flachs- und Kleefeldern. Ebenfalls, wiewol in schwächerem Grade und mehr nur aus rein parasitischen Gründen, sind ihren Nährpflanzen schädlich die gleichfalls chlorophylllosen Orobanchen, deren angeschwollene Stengelbasis als Saugorgan auf der Wurzel einer Nährpflanze so aufsitzt, als wenn die Orobanche ein Ast der Nährpflanze sei. Als den Culturen schädlich würde hier besonders die auf der Luzerne schmarotzende *Orobanche rubens*, WALL., zu nennen sein. Von anderen chlorophylllosen Parasiten, welche meist auf den Wurzeln von Bäumen und Sträuchern schmarotzen, wie *Lathraea squamaria*, die Rafflesiaceen und Balanophoreen, ist ein bestimmter schädlicher Einfluss nicht nachgewiesen.

Unter den grünen parasitischen Phanerogamen wären die auf den Ästen der Bäume schmarotzenden Loranthaceen als schädlich hervorzuheben. Die Mistel (*Viscum album*), welche die verschiedenartigsten Bäume, Laub- wie Nadelhölzer bewohnt, verursacht an denjenigen Stellen der Äste, an denen sie entspringt, krebsartige Krankheiten.¹⁾ Von der Ursprungsstelle des Mistelstamms aus wird die Rinde des Nährastes durchzogen von den sogen. Rindewurzeln der Mistel, welche besonders im Cambium in der Längsrichtung des Astes sich verbreiten. Von ihrer dem Holze angrenzenden Seite aus dringen in dieses stellenweise die Senker ein, Organe, deren Zellen zum Theil verholzen und so an der Bildung des Holzkörpers des Nährastes theilnehmen. In der Region der Cambiumschicht des Astes besteht auch der Senker aus einem ihn in seiner ganzen Breite quer durchsetzenden Meristem, durch dessen Thätigkeit die Fortbildung des Senkers gleichen Schritt mit der Erstarkung des Holzkörpers des Nährastes hält, und wodurch der Senker bei fortschreitendem Dickewachsthum des Astes mit seiner Spitze immer tiefer in das Holz zu liegen kommt. Endlich geht aber die Meristemschicht des Senkers in Dauergewebe über, und dadurch wird dem weiteren Wachsthum desselben ein Ziel gesetzt. Da solche alte Senker ziemlich breit sind und zahlreich beisammen stehen, so wird dadurch auch das weitere Wachsthum des Nährzweiges in die Dicke gestört, weil die Neubildung von Holz aufhört. Die gesamte Rinde nebst den in ihr liegenden Theilen des Parasiten stirbt dann ab und vertrocknet. Diese entrindeten, abgestorbenen Krebsstellen beginnen dann von den Rändern aus überwallt zu werden. Durch dieses locale Absterben können die in der Rinde verbreiteten Theile der Misteln ausser Zusammenhang mit einander gesetzt werden; sie treiben dann oft Adventivknospen, welche aus der Rinde hervorbrechen und zu neuen Mistelbüschchen erwachsen können. Ausser dieser localen Störung der Gewebebildung ist auch ein schädlicher Einfluss der Mistel auf das Gesammtbefinden des Baumes bemerkbar, wenn sie in zahlreichen Individuen auf demselben sich angesiedelt hat; derselbe zeigt dann eine kümmerliche Entwicklung, schwächere Astbildung, Ueberhandnehmen von Zweigdürre.

¹⁾ Vergl. SOLMS-LAUBACH in PRINGSHEIM's Jahrb. 6. Band, pag. 613.

4. Abschnitt.

Krankheiten, welche durch Thiere hervorgebracht werden.

Die thierischen Pflanzenfeinde sind hinsichtlich ihrer Wirkungen auf die Pflanzen in zwei Klassen zu bringen; die eine derselben umfasst diejenigen, welche die Pflanzentheile mechanisch zerstören, die andere die echten Parasiten. Zu den ersten gehörten diejenigen zahlreichen Thiere, welche zur Befriedigung ihres Nahrungsbedürfnisses Pflanzentheile fressen und dadurch vernichten oder verwunden. Da oben im Kapitel von den Wunden bereits alle möglichen Arten der Zerstörungen und Verwundungen an Pflanzen und deren Folgen, insbesondere unter Berücksichtigung des Thierfrasses, erörtert worden sind, so ist bezüglich dieser Feinde auf jene Abschnitte zu verweisen.

Viele der eben gedachten lediglich durch ihren Frass schädlichen Thiere verdienen die Bezeichnung Parasiten ohne Zweifel nicht. Einige derselben könnten aber insofern auf diesen Namen Anspruch machen, als sie ihren ständigen Wohmplatz auf der Pflanze haben, auch ihre Eier in derselben unterbringen und ihre Entwicklung auf ihr durchlaufen, wie z. B. die Borkenkäfer (pag. 363). Es ist aber immer noch ein Unterschied gegenüber denjenigen Thieren, auf welche eigentlich die Bezeichnung Parasiten anzuwenden ist, indem von diesen eine mechanische Störung, eine Verwundung nicht oder wenigstens in kaum bemerkbarem Grade ausgeübt wird, der befallene Theil als solcher erhalten bleibt, aber andere, nicht mechanische, sondern organische pathologische Veränderungen erfährt. In der Art der letzteren kehren im Grossen und Ganzen hier dieselben beiden Erkrankungsformen wieder, die wir bei der Wirkung der pilzlichen Schmarotzer unterschieden haben: entweder 1. eine Auszehrung, d. h. eine allmähliche Desorganisation und Schwinden des Zellinhaltes, ohne sonstige Veränderung des Zellgewebes, und somit ein langsames, bei grünen Theilen unter Gelbfärbung, Bräunung und Vertrocknen eintretendes Absterben des in seiner ursprünglichen normalen Gestalt nicht veränderten Pflanzentheiles, oder 2. eine durch Wachsthum oder Vermehrung der Zellen bewirkte abnorme Neubildung, auf oder in welcher in der Regel der Parasit seinen Aufenthalt hat, also eine allgemein als Cecidium und mit Rücksicht auf ihren animalen Erzeuger Zoocecidium zu nennende Bildungsabweichung. Auch hier muss die Bezeichnung Galle in dem weitesten durch den Begriff begrenzten Sinne genommen werden, der hier einen noch viel grösseren Reichthum an Formen umfasst, als sie die Mycocecidiens darbieten. Das Vorhandensein einer quantitativ vermehrten und qualitativ veränderten Bildungstätigkeit wird uns immer als Charakteristicum der Gallenbildung leiten können, auch in den Fällen, wo ihr eine wirkliche Verwundung vorausgeht, wie z. B. bei den von der Weidenholzgallmicke veranlassten Veränderungen. Denn die oben als Korkbildungen, Callusbildungen und Ueberwallungen beschriebenen Heilungsprozesse, welche regelmässig auf blosse Verwundungen folgen, bei denen es irrelevant ist, ob der Thäter ein Thier oder ein anderer Einfluss ist, müssen jedenfalls von den Gallenbildungen wol unterschieden und ausgeschlossen werden.

Kapitel I.

Thierische Parasiten von auszehrender Wirkung.

Die Zahl dieser Parasiten ist keine grosse, das exquisiteste Beispiel eines solchen und zugleich wol der schädlichste von allen ist die Milbenspinne oder rothe Spinne (*Tetranychus telarius*, L.), eine etwa 0,25 Millim. grosse, ovale, rothe, achtbeinige Milbe, welche in der heissten Zeit des Sommers auf der Unterseite der Blätter zahlreicher bei uns im Freien wachsenden Pflanzen, besonders in den Gärten auf Feuerbohnen, vielen Gartenzierpflanzen, auch auf Runkelrübenblättern, sowie auf dem Laub vieler Holzpflanzen, namentlich Linden, Rosskastanien, Weiden, Rosen etc., selbst auf Grasblättern sich zeigt; auch kennt man die Krankheit auf dem Hopfen unter dem Namen Kupferbrand.¹⁾ Die Unterseite der sich entfärbenden Blätter ist mit seinem, weisslichen Mehl, bestehend aus den Bälgen der gehäuteten Milben und aus den Eiern, bedeckt und mit einem Gespinst feiner Fäden überzogen, unter welchem auch die lebendigen Milben sich befinden. Die Wirkung auf das Blatt besteht nur darin, dass der Inhalt der Mesophyllzellen an den von den Milben angesaugten Punkten desorganisiert wird, die Chlorophyllkörper aufgelöst werden. An den Dicotyledonenblättern beginnt dies oft in den Wickeln der Rippen, weil dort zuerst die Milben sich ansetzen; oder wenn dieselben gleichmässiger über das Blatt vertheilt sind, bekommt dieses zuerst zahlreiche, sehr feine bleiche Pünktchen auf noch grünem Grunde. Die Entfärbung verbreitet sich mit der Vermehrung der Milben weiter, und das Blatt nimmt mehr gelbe, braungelbe oder rothgelbe Farbe an, vertrocknet und fällt ab. Bisweilen dringen die Parasiten bis zu den jüngsten Blättern vor, und dann kann ein rapides Absterben des ganzen Triebes die Folge sein. Die Milbe tritt oft über ganze Culturen verbreitet auf und verräth dann ihre Anwesenheit durch das Gelbwerden der Pflanzen. Die Erscheinung darf nicht mit der Sommerdürre (pag. 452) verwechselt werden.

Die Blattläuse gehören nur theilweise hierher; die Mehrzahl der selben bewirkt nämlich durch ihr Saugen an den Pflanzen Gallen, und selbst eine und dieselbe Art, welche unter Umständen nur eine aussaugende und auszehrende Wirkung übt, bringt auch wol Gallenbildungen zu Stande. Insbesondere sehen wir, dass Blätter, wenn sie im vollkommen erwachsenen Zustande von Aphiden befallen werden, oft nur gelb oder gelbfleckig werden. Wenn wachsende Stengel bis an die Endknospe oder bis in den jungen Blüthenstand vollständig mit Blattläusen bedeckt sind, wie z. B. Raps oder Kohl von *Aphis Brassicae*, so kann eine vollständige Erstickung der Pflanze, Hemmung des Wachsthums, Verkümmern und Vertrocknen der jungen Blüthentrauben die Folge sein. Die in grossen Massen auf den Pflanzentheilen auftretenden Blattläuse bringen hier auch oft eine Art Mehltau und Honigtau hervor. Ersterer ist ein schmutzigweisser mehlartiger Ueberzug auf den Blättern, bestehend aus den leeren Bälgen der gehäuteten Läuse. Der Honigtau ist ein zuckerhaltiges Secret, welches von den Blattläusen in Menge abgesondert wird und als ein glänzender, klebriger Firniss die Pflanzentheile bedeckt. Hieran schliesst sich auch hinsichtlich ihrer Wirkung die Eichen-Phylloxera (*Phylloxera quercus*, BOYER DE F.), welche auf der Unterseite der Eichenblätter festgesaugt lebt und

¹⁾ Vergl. Voss in Verhandl. der zool. bot. Gesellsch. Wien 1875, pag. 613.

unter sich einen runden, einen oder einige Millimeter im Durchmesser grossen Flecken in der Blattmasse ohne sonstige Veränderung derselben veranlasst.

Auch die Schildläuse sind grösstenteils in diese Kategorie von Schmarotzern zu rechnen. Sie leben oft zu Tausenden auf der Rinde der Zweige oder auf immergrünen Blättern, saugen sich mit ihrem Rüssel fest, sitzen unbeweglich, die Eier unter sich legend und endlich auf diesen sterbend. Wenn die Triebe reichlich mit Schildläusen besetzt sind, so zeigt sich ein allgemeines Siechthum derselben, welches endlich zu völligem Absterben führen kann.

Endlich würden aus der Klasse der Würmer hierher zu rechnen sein die Rüben-Nematoden, stecknadelkopfgrosse, cystenartig angeschwollene und mit Eiern erfüllte Würmer, welche auf den feinen Wurzelenden von *Beta vulgaris* angesaugt leben und ein Kränkeln der Pflanzen und Zurückbleiben ihres Wachstums zur Folge haben.

Kapitel 2.

Gallen erzeugende thierische Parasiten.

Die einfachste Form eines Zoocecidiens würde ein solches sein, welches nach Analogie der einfachsten Mycocecidien (wie die durch Chytridien an Algenzellen erzeugten) an der einzelnen Zelle durch ein in dieser lebendes Microzoon hervorgebracht wird. Ein solcher Fall ist bekannt in den Gallen, welche ein Räderthier, *Notommata Werneckii*, EHRENB., an *Vaucheria* erzeugt. Es sind Aussackungen der Fäden, die selten terminal, meist seitlich sitzen, aus engem, halsförmigen Grunde sich erweitern und oben in zwei oder mehr hornförmige Auswüchse übergehen. Sie enthalten ein Mutterthier und zahlreiche Eier und Junge¹⁾. Ob die letzteren aus den Gallen auswandern, wie sie in die Alge gelangen und wie sie überwintern, ist unbekannt.

Bei allen anderen gallenerzeugenden Thieren stellt die Galle nicht eine einzelne umgewandelte Zelle dar, sondern es ist ein vielzelliges Organ einer höheren Pflanze (Stengel, Blatt oder Wurzel), welches ganz oder theilweise durch irgend eine morphologische und histiologische Veränderung den Charakter eines Cecidiens annimmt. Jede präzisere allgemeine Charakteristik von Zoocecidiem wird durch die ausserordentliche Mannigfaltigkeit dieser Bildungen unmöglich gemacht, und ebenso verliert sich die Grenze dieses Begriffes, wegen der graduellen Abstufungen, die viele dieser Bildungen zeigen, ins Unbestimmte. Gallen dieser Art werden erzeugt von 1. Nematoden, und zwar von Arten der Gattung Aelchen (*Anguillula*), 2. Milben, und zwar von Gallmilben (*Phytoptus*), kleinen, 0,13—0,27 Millim. langen, vierbeinigen, sämmtlich in Pflanzengallen lebenden Thieren, 3. Pflanzenläusen und Schildläusen, 4. Zweiflüglern (Dipteren), 5. Aderflüglern (Hymenopteren), ausserdem wenigen Lepidopteren und Coleopteren. Man kann nicht sagen, dass diese einzelnen Ordnungen auch durch besondere Formen der Gallen sich auszeichnen; wir finden im Gegentheil, dass von den Thieren einer und derselben Ordnung die verschiedenartigsten Gallen erzeugt werden; selbst Thiere, die naturgeschichtlich sehr nahe verwandt sind, bringen Gallen vom grössten morphologischen Unterschiede hervor. So sind unter den von den Gallmilben erzeugten Gallen beinahe alle morphologischen Formen derselben, die es überhaupt giebt, vertreten. Eine ähnliche Vielgestaltigkeit zeigen

¹⁾ Vergl. MAGNUS, *Hedwigia* 1877, No. 9 und R. WOLNY, *Hedwigia* 1877, No. 11.

die Gallen der Dipteren. Dabei darf nicht daran gedacht werden, dass der Unterschied der Nährpflanze die Verschiedenheit der Gallen, die zwei naturgeschichtlich sehr nahe verwandte Thiere erzeugen, erklären könne, denn wir finden auf einer und derselben Nährpflanze derartige verschiedene Gallen, so z. B. auf den Lindenblättern wenigstens deren 4 Arten, die durch Gallmilben erzeugt werden, welche einander äusserst ähnlich sind. Wir klassificiren hier die Zoocecidien nach ihren morphologischen Charakteren.

I. Abnorme Haarbildungen (Filzkrankheit der Blätter, *Erineum*-Bildungen).

Eine Galle kann einzig und allein aus einer vermehrten Bildung von Haaren an der Oberfläche eines Pflanzenteiles, gewöhnlich eines Blattes, bestehen. Erzeuger solcher Gallen sind fast ausschliesslich Gallmilben (*Phytoptus*). Das Blatt selbst erleidet im Uebrigen, insbesondere in seiner Form, wenigstens in vielen Fällen keine auffallende Veränderung. Die Gallenbildung stellt also hier nur dichte, filzartige Haarflecken dar, die gewöhnlich von lebhafter Farbe und daher an den grünen Blättern sehr auffallend sind. Frühere Botaniker hielten diese Bildungen für Pilze, für welche PERSOON¹⁾ die Gattung *Erineum*, FRIES²⁾ die Gattungen *Taphrina*, *Erineum* und *Phyllrium* aufstellte, die nach der Form der Haare unterschieden wurden. Diese Mycologen, sowie SCHLECHTENDAL³⁾ und KUNZE⁴⁾ haben von diesen Gattungen je nach dem Vorkommen auf verschiedenen Pflanzen viele Arten beschrieben. UNGER⁵⁾ hat zuerst erkannt, dass es keine Pilze, sondern abnorme Haarbildungen sind, bei denen die äussere Wand der Epidermiszellen in Form eines Haares auswächst. FEE⁶⁾ hat aber nicht nur die Milben in verschiedenen *Erineum*-Bildungen zuerst gesehen, sondern sie auch für die wirklichen Urheber derselben erklärt. Genauer sind die Milben im *Erineum* zuerst von v. SIEBOLD⁷⁾ beschrieben worden. LANDOIS⁸⁾ hat im *Erineum* des Weinstockes die Parasiten gefunden und die Geschlechtsverhältnisse und die Entwicklung der Milben ermittelt. Viele weitere Beobachtungen sind von THOMAS⁹⁾ mitgetheilt worden.

Auf den Blättern der verschiedenen Pflanzen sind diese Haare verschieden gestaltet (Fig. 32), und auch nach den Pflanzenteilen kann ihre Form verschieden sein. Meistens sind es einzellige Gebilde (Ausnahme *Erineum populinum* Fig. 32 E), mit starker und cuticularisirter Membran, häufig mit gefärbtem Zellsaft. Der Ueberzug, den sie auf dem Blatte bilden, bietet vermöge der Beschaffenheit der Haare den Milben einen geeigneten und in hohem Grade geschützten Aufenthalt. Erstens sind die Haare wegen des Baues ihrer Membran ziemlich feste Gebilde. Zweitens schaffen sie durch ihre Gestalt ein vorzügliches Obdach, denn sie sind entweder lang cylindrisch und bilden bei ihrer aufrechten Stellung einen dichten und

¹⁾ Mycologia europaea, II. pag. 2.

²⁾ Systema mycologicum, III. pag. 520.

³⁾ Denkschr. d. bot. Ges. zu Regensburg 1822, pag. 73.

⁴⁾ Mycologische Hefte, II. Leipzig. 1823, pag. 133.

⁵⁾ Exantheme. Wien 1833, pag. 376.

⁶⁾ Mémoire sur la groupe des Phyllériées. Paris et Strassburg 1834.

⁷⁾ Ber. d. Arb. d. entomolog. Sect. d. schles. Gesellsch. f. vaterl. Cult. 1850.

⁸⁾ Zeitschr. f. wiss. Zoologie. 1864, pag. 353.

⁹⁾ Hallische Zeitschr. f. d. gesammt. Naturwiss. 1869, pag. 329; 1873, pag. 517; 1877,

pag. 329.

hohen Filz, in welchem die Thiere sich aufhalten, oder sie sind an der Basis dünn, stielförmig, oben kopfartig in verschiedener Weise verdickt, und die Köpfe der benachbarten Haare pressen sich aneinander, treiben ineinander greifende Aussackungen und verwachsen selbst mit einander, wobei sie an den verwachsenen Membranstellen dünnere, tüpfelartige Stellen bekommen können. So bilden die Haarköpfe gleichsam ein auf relativ dünnen Stielen stehendes Dach, unter welchem die Thiere leben. Auch an den Rändern eines solchen *Erineum*-Rasens pflegt das

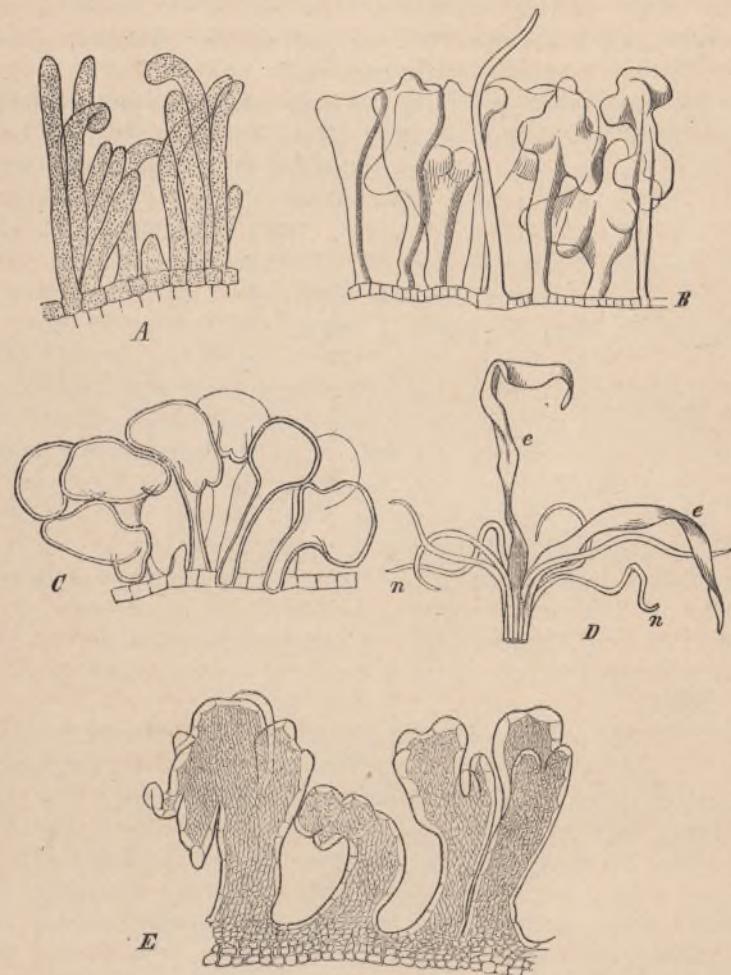


Fig. 32.

Verschiedene Formen des Erineum. A *Erineum tiliæ*. B *Erineum padi* von *Prunus padus*, in der Mitte ein normales Haar. C *Erineum roseum* von *Betula*. D *Erineum ilicis* von *Quercus Aegilops*. Ein normales Haarbüschen, von dessen einzelnen Haaren zwei (e) zu *Erineum*-Haaren deformirt, die anderen (n) normal sind. Bei starker Entwicklung des *Erineum* sind alle Haare eines Büschels metamorphosirt. E *Erineum* von *Populus tremula*. Die Haare sind Emergenzen, d. h. aus Mesophyll mit darüber gespannter Epidermis gebildete Auswüchse.

Dach geschlossen zu sein, indem hier die Haare allmählich kürzer gestielt sind und ihre Köpfe bis an die Epidermis reichen. Dieser Bau des *Erineum* und die Cuticularisirung der Membranen, durch die die Benetzung erschwert wird, ver-

hindern ein Eindringen des Wassers in den von den Parasiten bewohnten Raum. Auch die mehr cylindrischen Fäden, z. B. beim *Erineum tiliæ*, pflegen vielfach an den Stellen, wo sie sich in ihrem geschlängelten Verlaufe berühren, zu verwachsen und bilden hier elliptische, quer oder schief gerichtete, zu mehreren übereinander stehende Tüpfel; desgleichen bekommen die Epidermiszellen, welche diese Haare getrieben haben, auf ihren gemeinsamen Seitenwänden grosse längliche Tüpfel. Der ganze *Erineum*-Rasen erweist sich auch darin als ein einheitliches gallenartiges Organ. Ihrer Entstehung nach sind diese Haare in den meisten Fällen vollständige Neubildungen, entstanden durch Auswachsen von Epidermiszellen, die im gewöhnlichen Zustande keine Haare bilden. Man sieht in diesem Falle die normalen Haare des Blattes, wenn dasselbe solche besass, zwischen den *Erineum*-haaren unverändert (Fig. 32). Wenn das *Erineum* einen dichten Filz cylindrischer Haare darstellt, so ist fast jede Epidermiszelle haarartig ausgewachsen, wenn es aus kopfförmigen Haaren besteht, so betrifft dies immer nur einzelne Epidermiszellen. Auf Blättern, die schon im normalen Zustande dicht behaart sind, kann dagegen die *Erineumbildung* auf einer Metamorphose der normalen Haare beruhen, ohne dass sonst Neubildungen hinzutreten (Fig. 32 D). Diese Wucherungen zeigen sich bei vielen Pflanzen auf der Unterseite des Blattes, bei einigen auf der Oberseite, bei manchen auf beiden Seiten, derart, dass diejenigen Blattstellen, welche auf der einen Seite den Filz tragen, nach einiger Zeit auch auf der anderen Seite sich damit bedecken. Wiewol eine Veränderung der Blattform nicht nothwendig mit dem Auftreten von *Erineum* verbunden ist und letzteres in den meisten Fällen wirklich ohne jede Spur einer solchen auftritt, findet doch bisweilen an den mit dem Haarfilz bedeckten Stellen ein stärkeres Flächenwachsthum der Blattmasse statt, in Folge dessen die Stelle sich vertieft und blasig aussackt, wobei das *Erineum* stets in der Concavität sich befindet. Diese Fälle bilden schon den Uebergang zu den unten erwähnten Falten und Beutelgallen.

Die Erineen entstehen im Frühjahr schon an den jungen Blättern unmittelbar nach dem Ausschlagen. Bei *Tilia* finde ich z. B. den ersten Anfang in einem Verschwinden des Glanzes der Epidermis an der betreffenden Stelle. Dann beginnen die Epidermiszellen papillenartig auszuwachsen, indem die Aussenwand derselben sich nach aussen wölbt; viele Papillen bekommen rothen Zellsaft. Auch erfährt das Mesophyll an diesen Stellen eine Veränderung: während es im normalen Zustande an der Oberseite eine Schicht Pallisadenzellen, an der Unterseite ein oder zwei Schichten rundzelligen, lockeren Gewebes, und dazwischen eine in der Zellform die Mitte haltende Schicht bildet, ist es an den *Erineum*-Stellen gleichmässiger, indem die Pallisadenzellen kürzer und breiter sind, auch weniger Chlorophyllkörper enthalten und oft gleich den übrigen Mesophyllzellen gerötheten Zellsaft haben. Dann erst wachsen die Papillen zu langen, schlauchförmigen, gebogenen Haaren aus. Bald beginnen nun auch an der correspondirenden Stelle der anderen Blattseite die Epidermiszellen Haare zu treiben. Bei anderen Erineen bleibt die Haarbildung auf die eine Blattseite beschränkt. In jenem Falle muss angenommen werden, dass der die Gallenbildung bewirkende Reiz von der einen Seite durch das Blattgewebe hindurch nach der anderen Seite hin geleitet wird. Diese Thatsache ist auch in Betracht zu ziehen bei der Frage, durch welche Action des Thieres die Gallenbildung veranlasst wird. Die nahe liegende Vorstellung, dass die Milben von Anfang an an der Stelle sich befinden, welche durch das Saugen den Reiz zur Gallenbildung empfängt, finde ich mit der Beobachtung nicht im Einklang. Weder auf den Stellen, wo die erste Spur

der Entstehung sich bemerkbar macht, noch in dem sich entwickelnden jungen Filze konnte ich Milben finden. Später, Anfang Juni, in dem fertig gebildeten *Erineum* sind sie zwischen den Haaren reichlich vorhanden, zugleich mit Eiern. Dies scheint dafür zu sprechen, dass gewisse Einfüsse, welche die anfänglich auf dem Blatte vagabondirenden Milben ausüben, zur Anregung der Gallenbildung genügen und dass die Thiere erst später, vielleicht wenn die Sorge für die Nachkommenschaft beginnt, sich in das *Erineum* zurückziehen. Bei der Entstehung des Haarfilzes an derselben Stelle, wo die andere Seite des Lindenblattes solchen trägt, wäre es unerklärlich, dass die Milben immer genau dieselben Stellen treffen sollten. Es scheint hier nur der Gedanke an eine Einwanderung des *Phytoplus* in den Haarfilz übrig zu bleiben.

Bezüglich des Winteraufenthaltes der *Erineum*-erzeugenden Milben muss gegenüber der Behauptung LANDOIS' (l. c.), dass bei der Filzkrankheit der Weinblätter die Milben in dem *Erineum* des abgefallenen Laubes überwintern und im Frühlinge wieder die Weinstöcke besteigen, der Ansicht THOMAS¹⁾ beigeplichtet werden, dass die Thiere auf der Pflanze aus dem Haarfilz auswandern, um in den Knospen zu überwintern, von denen sie im Frühjahr auf die neuen Blätter gelangen. Denn THOMAS hat die Thiere mehrfach im Herbst und zeitigen Frühjahr an den Knospen gefunden; auch ist das *Erineum* oft nur an einzelnen Sprossen eines Strauches vorhanden. Auch würde nach Analogie der die Knospen-deformation von *Corylus* erzeugenden Milben, deren Verhalten ich verfolgt habe (s. pag. 548), für die *Erineum*-erzeugenden diese Ansicht anzunehmen sein.

Der schädliche Einfluss der Erineen auf die Pflanzen beruht auf dem Umstände, dass die deformirten Blattstellen, wegen ihres meist sehr spärlichen Chlorophyllgehaltes dem Dienste für die Assimilation entzogen sind.

Die häufigsten Erineen sind: das anfangs weisse, dann rosenrothe, aus fadenförmigen, dicht aneinanderliegenden Haaren bestehende von *Tilia*; der aus ähnlichen Haaren gebildete, weissliche, meist auf vertieften Blattflecken stehende Filz von *Juglans regia*, die oft stark davon befallen ist; das aus stark gebogenen und verwickelten, fadenförmigen Haaren bestehende blassröhliche auf *Sorbus Aucuparia*, welches oft das Laub ganz verdirt; das braune oder röhliche auf den Ahornblättern, welches aus cylindrisch-keulenförmigen oder kopfförmigen Haaren besteht; das auf den Blättern des Weinstockes, welches als röhlicher oder brauner Filz auf oft vertieften Blattstellen sitzt und aus cylindrischen, verwickelten Haaren besteht; das auf *Alnus*, welches gelbliche bis rothbraune, körnige Ueberzüge darstellt und dessen Haare dünn gestielt sind und höckerige oder gelappte Köpfe bilden; endlich das *Erineum* der *Populus tremula*, welches auf runden, vertieften Blattstellen braune, körnige Bildungen darstellt und sich dadurch auszeichnet, dass die Haare den morphologischen Charakter von Emergenzen haben, d. h. Wucherungen der unter der Epidermis liegenden Mesophyllschichten zu sein scheinen, über welche die Epidermis sich fortsetzt (Fig. 32 E). Sie bestehen aus sehr kleinzeligem Parenchym, von welchem die relativ grosszellige Epidermis sich unterscheidet, und stellen unregelmässige Körper mit dickem, kurzem Stiel und gelapptem oder zertheiltem oder schief gekrümmtem Kopf dar.

II. Krümmungen, Rollen und Falten.

Viele Zoocecidiens bestehen nur in einer Krümmung eines Pflanzenteiles, was seltener einen Stengel oder einen Blattstiel, häufiger die Blattfläche betrifft, welche dadurch sich in eine Falte oder Rolle legt, in deren Cavität das gallenbildende Thier lebt. Derartige Cecidiens treffen wir bei Gallmilben, bei Pflanzenläusen und bei Dipteren (Gallmücken). Es ist zu bemerken, dass die von Gallmilben erzeugten hierher gehörigen Gallen oft mit verstärkter Haarbildung

¹⁾ l. c. 1873, pag. 517.

(s. vorig. Abschnitt) combinirt sind. Auch hat diese Gallenform keine scharfe Grenze weder gegen die als blasige Aufreibungen oder Beutelgallen zu bezeichnenden, noch gegen die in veränderten Blattformen bestehenden Gallen. Die Lebensweise der in Rollen und Falten der Blätter vorkommenden *Phytoplus*-Arten ist wahrscheinlich übereinstimmend mit denen der Erineen. Die Pflanzenläuse finden sich in den von ihnen erzeugten Rollen etc. meist in grosser Anzahl und in allen Entwicklungszuständen, gewöhnlich zugleich mit in weissen Puder gehüllten Tropfen einer zuckerhaltigen Flüssigkeit, die von den Thieren ausgeschieden wird. Im Frühjahr kommen aus den Eiern, welche an den Rinden etc. überwintern, die Thiere aus und begeben sich auf die jungen Triebe, wo sie durch ihr Saugen die Missbildungen veranlassen, an denen sie auch von Anfang an sitzend gefunden werden. In den durch Gallmücken erzeugten Gallen findet man die Larven (Maden) derselben meist in Mehrzahl. Diese verpuppen sich bei manchen Gallmückenarten auch in der Rolle, aus der dann das fertige Insekt ausschlüpft, bei anderen Arten verlässt die Larve die Galle, um sich in der Erde zu verpuppen. Die Entscheidung, wodurch bei den Gallmücken die Veranlassung zur Bildung der Rollen gegeben wird, ist durch die sehr rasche Entwicklung der Larven aus den einmal abgelegten Eiern erschwert. Doch habe ich in einigen Fällen constatiren können, dass die Bildung dieser Gallen nicht erst durch die Lebensactionen der Larven, sondern schon bei der Eiablage durch das Mutterthier bewirkt werden muss; denn in den an den Spitzen der Triebe des Birnbaumes befindlichen jüngst entstandenen Rollen jugendlicher Blätter fand ich nur erst die etwa $\frac{1}{2}$ Millim. langen, spindelförmigen, bräunlichen, anscheinend ohne Befestigung an der Epidermis liegenden Eierchen der *Cecidomyia piri*, BOUCHE, bis zu 10 an der Zahl, während in wenig älteren Blattrollen schon die etwa 1 Millim. langen, weissen Maden vorhanden sind. Nun ist zwar hier die Rollung der Galle mit der Knospenlage des Blattes gleichsinnig und man könnte einwenden, dass die letztere noch keine Galle darstellt. Allein die Erstarkung der Rolle ist doch schon zu bemerken, wenn nur erst Eier in ihr sich befinden. Noch beweisender sind die durch *Cecidomyia rosarum*, HARDY, erzeugten Rollen der Rosenblättchen, welche nach unten umgerollt sind, also mit der Knospenlage nicht übereinstimmen, sondern erst nach Entfaltung aus derselben sich bilden und dann im ersten Stadium nur Eier bergen. An den eben genannten Gallen der Rosenblättchen fand ich manche ganz junge Rollen in der Periode, in welcher sie die Eier zu enthalten pflegen, leer, was dafür sprechen könnte, dass der gallenerzeugende Einfluss nicht notwendig mit der Action der Eiablage verbunden sein muss. — Die Rollen und Falten bilden sich entweder schon an den ganz jungen, eben aus der Knospe tretenden oder an schon nahezu entwickelten Blättern. Ersteres ist der gewöhnliche Fall. Hier wird meist die Rollung oder Faltung, welche das Blatt in der Knospe hat, zur Galle benutzt, d. h. sie gleicht sich bei der Entfaltung des Blattes nicht nur nicht aus, sondern wird bei dem weiteren Wachsthum des Blattes noch dicker. Oft ist daher das Blatt von beiden Rändern bis zur Mittelrippe in zwei Rollen gewickelt, und zwar kann dies nur an einem Theile oder in der ganzen Länge des Blattes geschehen, und bisweilen sind viele auf einander folgende Blätter in dieser Weise umgewandelt, z. B. an den Triebspitzen des Birnbaumes bei *Cecidomyia piri*, BOUCHE. Aus dem Gesagten folgt weiter, dass die Rollen und Falten in ihrer Richtung der Knospenlage des Blattes entsprechen. So sind sie bei *Polygonum amphibium* so gerollt, dass die Blattunterseite die Cavität bildet, entsprechend der revolutiven

Knospenlage; dagegen haben die des Birnbaumes die Oberseite des Blattes in der Cavität, weil die Knospenlage involutiv ist. An den Blättern von *Carpinus Betulus* entsprechen die von der Mittelrippe nach dem Blattrande laufenden gekräuselten Falten, die ein *Phytoptus* bewohnt, den Blattfalten in der Knospenlage. Oder die Einwirkung erfolgt erst, nachdem das junge Blatt sich aus der Knospenlage begeben hat, und dann braucht die Rollung nicht gleichsinnig mit jener zu sein, z. B. bei *Cecidomyia rosarum*, HARDY, welche die Blättchen der jungen Rosenblätter (deren Knospenlage der Länge nach zusammen gefaltet ist) mit beiden Rändern nach unten vollständig zusammenrollt. Ein *Phytoptus* rollt an den Lindenblättern nur den äussersten Rand ringsum ein, so dass das Blatt löffelartig vertieft wird. An ziemlich erwachsenen Blättern werden besonders von Blattläusen allerlei Krümmungen, Rollungen, blasige Aufreibungen etc. veranlasst, die keine Beziehung zur Knospenlage haben. Endlich kann auch an dem nahezu völlig erwachsenen Blatte der Rand an irgend einer einzelnen Stelle gerollt oder umgeklappt werden, so wird z. B. durch *Diplosis dryobia* an den Eichen ein Blattlappen nach unten flach angeklappt, durch eine unbestimmte *Cecidomyia*-Larve an den Linden kleine Stücke des Blattrandes nach oben gerollt.

Da sich die Parasiten ausnahmslos in der Cavität der Rollen und Falten befinden, so besteht die Gallenbildung hier allgemein darin, dass die dem Parasiten gegenüberliegende Seite ein relativ stärkeres Wachsthum im Verhältniss zu der von ihm berührten Seite erleidet. In den meisten Fällen ist die Flächenausdehnung der Rolle so bedeutend, dass dabei ein absolut stärkeres intercalares Wachsthum der ganzen Blattstelle angenommen werden muss. Ueberdies ist, auch noch zu unterscheiden, ob der zur Galle werdende Theil der Blattfläche zugleich ein Wachsthum in Richtung der Dicke erleidet oder nicht; im positiven Falle sind damit gewöhnlich bemerkenswerthe Gewebeveränderungen verbunden.

A. Ohne Verdickung der Blattmasse. Hier findet nichts weiter statt, als die oben bezeichnete Ungleichheit der Flächenausdehnung des Blattes, welche die Bildung einer Krümmung, Rolle oder Falte zur Folge hat, wobei die im Wachsthum relativ geförderte Seite die aussen liegende convexe ist.

Hierher gehören eine Anzahl Milbengallen, die durch *Phytoptus* verursacht werden. So die oben erwähnten Blattfalten von *Carpinus Betulus*. Ferner Einrollungen der Blattränder an der morphologischen Oberseite bei verschiedenen *Galium*-Arten, besonders häufig bei *Galium Aparine*, wobei die ganze Blattrolle oft zugleich worm- oder lockenförmig gebogen wird und die concave Oberseite reichlicher Haare bildet, die aber geschlängelt sind und nicht wie die normalen eine hakige Spitze haben.¹⁾

Ferner sind besonders viele Blattausgallen hierher zu rechnen. In den meisten Fällen sitzen die Läuse auf der Unterseite der Blattfläche. Die Krümmungen finden also so statt, dass diese Seite concav wird. Bei einfachen Blättern geschieht die Krümmung entweder in der ganzen Ausdehnung der Mittelrippe, so dass das ganze Blatt von der Basis bis zur Spitze sich nach unten zusammenkrümmt, in einem Bogen bis zu einem vollen Kreise. Dabei schlägt sich die Blattfläche oft auch von den Rändern aus mehr oder weniger nach unten, so dass die ganze Unterseite verdeckt werden kann. Solche mit den Seiten nach unten zusammengewickelten Blätter können dann auch durch Krümmungen der Mittelrippe vielfach gewunden und zusammengezogen sein, so dass die damit besetzten Stengel ein ganz verändertes Aussehen bekommen (z. B. am Kirschbaum, an *Spiraea salicina* etc.). Oder es rollt sich nur der Blattrand nach unten. Sehr häufig stülpen sich die mitten in der Blattfläche mit Läusen besetzten Stellen als eine Falte

¹⁾ Ueber Milbengallen, welche hierher und unter die Kategorie B gehören, vergl. auch THOMAS, l. c. 1869, pag. 339 ff., 1872, pag. 466 ff., 1877, pag. 362 ff.

oder ein Buckel nach oben aus, wodurch das Blatt höckerig uneben oder aufgeblasen wird; in den von der Unterseite gebildeten Höhlungen leben die Läuse (z. B. an den Johannisbeeren und an *Viburnum Opulus*). Diese Aufwölbung der Blattfläche bildet sich vorzüglich zwischen den Hauptrippen des Blattes. Sie kann auch mit den vorerwähnten Krümmungen kombiniert sein und in sie übergehen. Bei den zusammengesetzten Blättern betrifft die beschriebene Krümmung die einzelnen Blättchen. Dieselben sind daher bei gefiederten Blättern rückwärts um die Blattspindel geschlagen; letztere kann zugleich von ihrer Spitze aus nach unten eingekrümmmt sein, so dass das Blatt ganz zusammengekrüuselt wird (z. B. an *Sorbus Aucuparia*). Bei handförmig zusammengesetzten Blättern können die Blättchen an ihrer Basis durch eine scharfe Krümmung an dem Hauptblattstiel sich herabschlagen (z. B. bei Himbeeren und Brombeeren). Dass die Richtung der Krümmung durch die von den Blattläusen besetzte Blattseite bestimmt wird, zeigt sich deutlich in den seltenen Fällen, wo dieses die morphologische Oberseite ist, die dann auch umgekehrt wie sonst concav wird. So rollen sich die Blätter von *Atriplex latifolia*, wenn jenes der Fall ist, oberseits zusammen. Hierher gehören auch die Blattrollen, welche die *Aphis avenae* an Weizen, Gerste und Hafer erzeugt: die ganze Blattfläche ist unter Concavwerden der Oberseite zu einer langen, dütenförmigen Rolle von bis zu 10 und mehr Spiralwindungen zusammengedreht. Auch in diesen Fällen erleidet die Blattmasse der gerollten oder gekrümmten Theile keine bemerkbare Verdickung und auch die Beschaffenheit des Gewebes bleibt normal. Doch ändert sie sich z. B. bei den oben erwähnten Blattrollen der *Atriplex latifolia* insofern, als kein Pallisadengewebe an der Oberseite sich differencirt, das Mesophyll ein gleichförmiges aus chlorophyllarmen, polydrischen Zellen bestehendes Gewebe darstellt.

B. Mit Verdickung der Blattmasse. Hier erscheint die Galle deutlicher als eine Hypertrophie, indem die gerollten Theile der Blattfläche dicker als der übrige Theil sind und eine festere, fleischige oder knorpelige Beschaffenheit annehmen. Sie bilden daher, wenn sie auf eine kurze Strecke des Blattrandes beschränkt sind, Randknoten, und wenn sie sich über einen grösseren Theil des Randes fortsetzen, Randwülste, in die sogar das ganze Blatt aufgehen kann, wenn es sich vollständig bis an die Mittelrippe einrollt. Die Verdickung der Blattmasse beruht sowol auf Vermehrung der Mesophyllzellen, als auch auf Erweiterung sämmtlicher Zellen des Blattgewebes.

Von Milbengallen gehören hierher z. B. die oben erwähnten Randrollen der Lindenblätter (Fig. 33). Entweder sind nur ein oder wenige Blattzähne eingerollt, so dass kleine Randknötchen entstehen, oder ein grösserer Theil oder selbst der ganze Blattrand bildet einen härtlichen, runzeligen Wulst. Die Blattfläche erreicht hier die doppelte bis dreifache Dicke des normalen Zustandes, die Zellschichten des Mesophylls sind vermehrt, das Gewebe besteht aus grösseren Zellen, der Unterschied des Pallisadengewebes der morphologischen Oberseite ist fast verwischt, die Epidermiszellen der Aussenseite der Rolle sind stark erweitert, während die Epidermis der Innenseite wenig von dem Parenchym verschieden und dünnwandig ist. Da wo der Eingang in die Rolle ist, trägt die Epidermis beider hier befindlichen Blattseiten lange *Erineum*-artige Haare, welche den Eingang verschliessen. *Lysimachia vulgaris* zeigt an den Spitzen der noch nicht blühenden Stengel eine durch die sehr dichte, schön purpurrothe Behaarung ungemein auffallende Deformation. Von den oberen Stengelblättern sind die älteren, grösseren nur an der Basis nach unten eingerollt. Mit jedem folgenden Blattpaare geht die Rollung ein Stück weiter am Blatte aufwärts, zuletzt folgt ein Büschel jüngster Blätter, welche total an beiden Rändern zusammengerollt und sammt dem Stengel daselbst gänzlich rothfilzig sind. Die Sprossen, welche aus der Achsel



Fig. 33. (B. 121.)

Rollung des Blattrandes von *Tilia* durch *Phytoptus*, mit Verdickung der Rollen durch Hypertrophie des Gewebes. o Oberseite, u Unterseite des normalen Theiles der Blattfläche. 50fach vergrössert.

der oberen Blätter kommen, selbst solcher Blätter, die kaum an ihrer Basis afficirt sind, erscheinen ganz in kleine rothe Stützchen umgewandelt, indem sie ebenso intensiv wie der Gipfeltrieb deformirt sind. Es weist dies alles deutlich auf eine frühe Infection hin zu einer Zeit wo der ganze obere Theil des Stengels noch im Knospenzustand sich befand. Die Missbildung beginnt an den jungen Blättern mit einer vollständigen Einrollung der Ränder bis an die Mittelrippe, oft in mehreren Kreiswindungen, unter Verdickung des Mesophylls. Zugleich findet Röthung der Zellsäfte im ganzen Mesophyll, zum Theil auch in den Epidermiszellen und Haaren statt. Dann beginnt auf der äusseren wie inneren Seite der Rolle vermehrte Bildung von Haaren. Diese sind wie die normalen durch Querwände gegliedert, haben aber viel zahlreichere und stärkere Querwände und Glieder und sind ebenfalls roth gefärbt. Dann erfolgt eine Bildung eigenthümlicher Buckel auf den deformirten Blättern, welche durch faltig-blasige Abhebungen der Epidermis zu Stande kommen. Die letztere dehnt sich an diesen Punkten tangential stärker aus, und zwar sowol in Folge von Theilung als auch von Wachsthum ihrer Zellen; sie bildet so unter sich lufthaltige Hohlräume und ist hier entweder ganz vom Mesophyll getrennt oder hängt nur durch einige armförmige Auswüchse der Mesophyllzellen mit diesen zusammen. Haar- und Faltenbildung findet auch an der Epidermis der Stengelglieder statt. In der gänzlich deformirten Stengelspitze kommt das Wachsthum zum Stillstand. Bisweilen hat die Blüthenbildung schon begonnen. Dann findet eine Art Vergrünung der Blüthenknospen statt, indem namentlich die Corolle in geröthete, filzige, an den Rändern mehr oder weniger rückwärts gerollte Zipfel deformirt wird, die Staubgefässe fehlschlagen oder in rothe Spitzchen sich umwandeln, das Pistill ebenfalls unterdrückt oder missgestaltet, dünner und länger ist.

Von Blattlausgallen seien hier die grossen, blasenförmigen Wölbungen erwähnt, welche *Aphis Crataegi*, KLT., an den Blättern von *Crataegus* hervorbringt. Die Mesophyllzellen sind zu grossen isodiametrischen, mit geröthetem Zellsaft erfüllten Zellen erweitert. Die Epidermis der Unterseite, welche die Concavität bildet, wächst gewöhnlich noch stärker als die ohnedies schon stark intercalar wachsende Blattmasse und hebt sich daher oft von letzterer ab; aber oft suchen auch die angrenzenden Mesophyllzellen mit ihr im Zusammenhang zu bleiben und wachsen daher in lange Schläuche aus, so dass ein schwammig aufgedunenes Gewebe gebildet wird. — Auch Phylloden erzeugen ähnliche hypertrophirte Blattrollen, z. B. *Psylla Fraxini*, L., an den Eschenblättern, bei denen der Blattrand nach unten gerollt oder die ganze Blattfläche zusammengewickelt ist. Die Adern der Rollen sind geröthet, letztere übrigens selbst bleich. Das Mesophyll ist verdickt, die Epidermiszellen stark vergrössert.

Eine grosse Auswahl hierhergehöriger Cecidien findet sich unter den Dipterengallen. Diese haben alle mehr oder minder hypertrophischen Charakter; sie sind ausnahmslos dicker, fester und härter als die unveränderte Blattfläche. Einen der extremsten Fälle zeigen die von *Cecidomyxa persicariae*, L., an den Blättern von *Polygonum amphibium* var. *terrestris* veranlassten dicken, fast bleichen, aber rothbäckigen Rollen. Das Mesophyll ist in diesen Theilen bedeutend verdickt, denn es besteht aus mehr Zellenschichten und aus grösseren Zellen als das normale Mesophyll; es ist zu einem mehr gleichförmigen Gewebe geworden, welches keine Palliadengewebe mehr unterscheidet vielmehr lauter ungefähr isodiametrische Zellen erkennen lässt, welche mässig dicke Membranen, saftreichen Inhalt, spärliches oder fast gar kein Chlorophyll, wol aber geröthete Zellsäfte und viele grosse, luftführende Intercellulargänge haben. Das Gewebe hat daher eine turgescente, schwammige Beschaffenheit.

III. Veränderte Blattformen.

Bei einigen *Phytophtorus*-Arten besteht die Gallenbildung darin, dass das Blatt einen von seiner normalen Form abweichenden Umriss bekommt, meist im Sinne einer Zusammenziehung oder tieferen Zertheilung der Blattmasse. Auch mit dieser Form kann *Erineum*-Bildung verbunden sein, und wenn die Veränderung sich auf die jüngsten Blätter des Sprosses erstreckt, so ergeben sich Uebergänge zu den unten besonders behandelten Knospedeformationen.

An *Scabiosa Columbaria* bleiben z. B. in diesem Falle die Blattzipfel der gefiederten Stengelblätter so schmal wie die Blattspindel, sind aber nicht verhältnismässig verkürzt, und zeigen

mehr oder weniger starke Krümmungen, so dass sie cylindrische, wurmförmig geschlängelte oder in Schlangenwindungen sich umrankende Gebilde darstellen, welche gleich der Blattspindel dicht weisswollig behaart sind. Dabei bilden sich auf der Ober- und Unterseite der Zipfel starke höckerförmige Auswüchse, die durch Wucherungen des Mesophylls entstehen und von der Epidermis überzogen sind (Emergenzen). Die Höhe dieser Höcker ist so gross, dass der Querschnitt durch einen Blattzipfel mehrlappig erscheinen kann. Gegen die Stengelspitze nimmt die Deformation der Blätter zu, so dass der Trieb oft in weisshaarige verwickelte Massen endigt und nicht zur Blüthe gelangt.

Ahnliches zeigt *Pimpinella Saxifraga* (Fig. 34). Der schwächste Grad der Galle besteht darin, dass Blattzähne nach oben eingekrümmt und zu gerötheten Randknoten verdickt sind. Häufig aber verlängert sich ein Stück des deformirten Zahnes zu einem dünnen Körper, so dass der Randknoten entweder auf einem dünnen Stiel sitzt oder an seinem Ende eine feine, lange Franse trägt. Oft zieht sich die Blattmasse des ganzen Blättchens in lauter solche dünne Zipfel zusammen, auch ohne dass jeder derselben eine knotige Verdickung hat. Da nun sämmtliche Blättchen eines Blattes diese Deformation erleiden können, so besteht der stärkste Grad darin, dass an der Blattspindel nur moosartige, verworrene Massen sitzen, an deren Fäden hier und da knotige Verdickungen sich befinden (Fig. 34 B).

Ahnliche Bildungen sind auf anderen Pflanzen zu finden.¹⁾

IV. Blasige Aufreibungen der Blätter (Bullositäten), Beutelgallen oder Taschengallen.

Wenn irgend ein Punkt auf der anfänglich normalen Blattfläche durch eine saugende Gallmilbe oder Pflanzenlaus derart inficirt wird, dass daselbst ein abnorm gesteigertes Wachsthum in der Richtung der Blattfläche anhebt, so muss die stärker als ihre Umgebung sich ausdehnende Blattstelle sich ausstülpen und über die Blattfläche in irgend einer Form sich erheben. Ausnahmslos sehen wir dabei die analogen Beziehungen zu dem gallenerzeugenden Thiere, wie bei den Rollen: das Wachsthum findet stets in der Weise statt, dass die von dem Parasiten berührte Seite relativ weniger als die gegenüberliegende sich ausdehnt, so dass sie in die Cavität zu liegen kommt und der Schmarotzer eingeschlossen wird. Die Form, die eine solche Galle einnimmt, ist eine sehr verschiedene und richtet sich nach der Grösse der diese Hypertrophie erleidenden Blattstelle und nach der Art und Intensität des Wachsthumes. Bald ist die Galle nur ein schwacher Eindruck der Blattfläche, der auf der anderen Seite als ein Buckel hervortritt, bald eine grosse Blase, in deren Bildung das ganze Blatt hineingezogen wird, bald ein auf der Blattfläche sich erhebender, scharf abgegrenzter Beutel, der an der entgegengesetzten Seite einen sehr engen Eingang hat.

¹⁾ Vergl. auch THOMAS, I. c. 1877, pag. 360 ff.

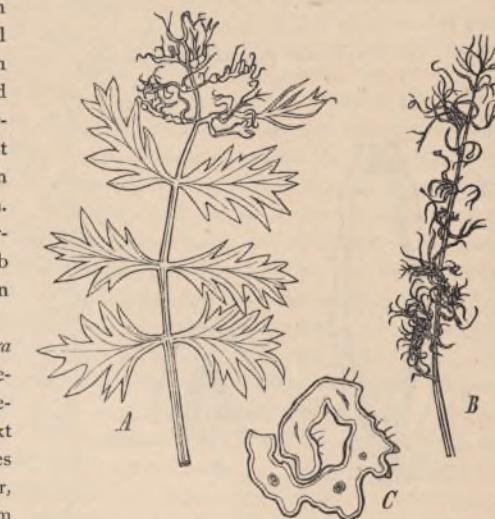


Fig. 34. (B. 122.)

Blattdeformationen durch *Phytophtorus* an *Pimpinella Saxifraga*. A ein Blatt, dessen obere Blättchen, B ein solches, dessen sämmtliche Blättchen in feine, zertheilte Zipfel deformirt sind. C Durchschnitt durch eine zusammengerollte Stelle der gekräuselten Blattzipfel. Schwach vergrössert.

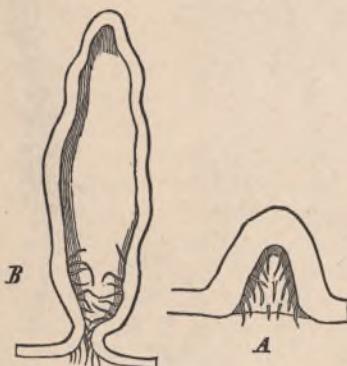
1. Unter den Milbengallen (*Acaridien*) ist diese Form eine der verbreitetsten. Bei den Erneen sind schon die häufigen Vertiefungen der mit Haarfilz bedeckten Stellen erwähnt worden. Viele Arten erzeugen aber wirkliche Beutelgallen, indem der ausgestülpte Theil der Blattfläche, der meist nur ein sehr kleiner Punkt ist, eine beträchtliche Grösse und eigenthümliche Form annimmt, und auf der Blattfläche mit verhältnissmässig kleiner Basis inserirt ist, welcher auf der gegenüberliegenden Seite ein sehr enger Eingang entspricht, der meist noch durch Haarbildung verschlossen ist und in den Hohlraum der Galle führt (Fig. 35), in welchem die Milben, sowie deren Eier und Junge sich befinden. Häufiger ist es die Unterseite, seltener die Oberseite des Blattes, auf welcher die Infection durch die Milben erfolgt und an welcher daher der Galleneingang liegt, so dass die Gallen selbst auf der oberen Blattseite sich befinden. Schon DUGÈS¹⁾ hat die Natur der Beutelgallen der Linde richtig erkannt, indem er ihre Entstehung als eine kleine Erhebung auf den Blättern beobachtete, der ein Grübchen auf der Unterseite entspricht, welches sich mit Haaren bedeckt. THOMAS²⁾ hat dies durch genauere Verfolgung der ersten Entwicklung bestätigt. Nach diesen und meinen Untersuchungen an *Tilia*, *Prunus Padus* und *Acer campestre* ist die Entwicklungsgeschichte dieser Gallen folgende.

(B. 123.) Fig. 35.
Beutelgallen des *Phytoptus* auf den Blättern von *Prunus Padus* im Längsdurchschnitt. A junges Stadium als Ausstülpung der Blattfläche nach oben, das Innere mit Haaren bekleidet. 60fach vergrössert. B erwachsener Zustand; in Folge des Scheitelwachstums ist der mit Haaren ausgekleidete Theil zum Untertheil geworden. 20fach vergrössert.

verschwinden, sowie dadurch dass die Farbe bisweilen mehr ins Gelbliche spielt oder roth wird, in Folge Röthung der Zellsäfte der Epidermis der Oberseite und der angrenzenden Mesophyllzellen. Eine solche Stelle nimmt oft nur eins der kleinen Areale ein, welche von den Maschen der letzten Nervenverzweigungen eingefasst werden, oder erstreckt sich wol auch über einige solche nebeneinanderliegende Maschen; im ersteren Falle befindet sich nur Mesophyll, im letzteren auch schon einige Gefäßbündel in der vertieften Stelle. Selbstredend finden wir auf der Epidermis hier alle normalen Organe, als Spaltöffnungen sowie die meist vielzelligen, knöpfchenförmigen Haare, da diese Organe schon vor dem Beginn der Gallenbildung angelegt sind. Aber schon in diesem ersten Stadium beginnen am Rande der vertieften Stelle einzelne Epidermiszellen papillenartig auszuwachsen, und die Papillen verlängern sich rasch zu *Erinaceum*-artigen, fadenförmigen Haaren. Diese Haare richten sich schon frühzeitig, zunächst durch ihre verticale Stellung zu ihrer schiefen Ursprungsfäche veranlasst, über die Gallenfläche hin, so dass sie alle gegen das Centrum des Eingangs zur Gallenhöhlung hin convergiren und die zunächst flache Vertiefung zeitig ausfüllen. Die Ausstülpung der Blattfläche hat ihren Grund in einem hier local gesteigerten Flächenwachsthum der Blattmasse, letztere muss, da die umgebenden Partien die stärkere Ausdehnung in der Richtung der ebenen Fläche nicht gestatten, eine Wölbung annehmen. Dass dabei sich die Concavität stets an der von den Milben infizierten (unteren) Seite bildet, erklärt sich genügend aus dem Umstände, dass die Epidermis dieser Seite zuerst die stärkere Flächenausdehnung erleidet und mithin, weil sie mit dem darunterliegenden Gewebe verwachsen ist, sich in dasselbe eindrücken muss, da sie sich nicht von demselben abheben und nach aussen stülpen kann. Die Theilung der Epidermiszellen, die zu diesem Wachs-

¹⁾ Recherches sur l'ordre des Acariens. Paris 1834.

²⁾ l. c. 1872, pag. 195—202.



thum führt, lässt sich auch an diesen Stellen erkennen, und THOMAS hat darauf aufmerksam gemacht, dass die Zellen bisweilen gegen die Tiefe der Einsenkung hin, in welcher noch keine Haare sich befinden, gereiht stehen, was die in dieser Richtung vor sich gegangene Theilung derselben anzeigt. Das sind die einzigen wirklichen Thatsachen, die wir über die erste Entstehung der Beutelgallen kennen. Die sogen. Theorien dieser Gallenbildung, wonach die von den Milben einseitig angesogenen strotzenden Zellen nach dem Prinzip des SEGNER'schen Wasserrades durch die Rückwirkung des einseitig verminderten Druckes nach der entgegengesetzten Seite hin zurückweichen, u. s. w. sind vorläufig nichts als Speculationen, die nicht einmal den factischen Thatsachen gerecht werden, denn eine Ausstülpung des Blattes, wie sie hier vorliegt, kann niemals durch ein Auswachsen der Epidermiszellen nach hinten zu Stande kommen, sondern muss durch Theilung und Wachsthum der Zellen in Richtung der Blattfläche, d. h. rechtwinklig zur Richtung, in welcher die Milben saugen, geschehen. Nach der Anlegung der Beutelgalle erfolgt ein Wachsthum derselben, durch welches sie ihre definitive Grösse und Gestalt erhält. Hierbei haben wir zu unterscheiden a) Scheitelwachsthum, b) intercalares Wachsthum, c) Dickenwachsthum der ausgestülpten Blattfläche oder der Gallenwand. Wie die erste Entstehung der Galle darauf beruht, dass an einem Punkte verstärktes Flächenwachsthum herrscht, welches rings um diesen Punkt rasch abnimmt, so erhält sich auch weiterhin im Scheitel des Beutels eine Region stärksten Wachstums, durch welches die allmähliche Erweiterung und das Höherwerden desselben vorwiegend mit bewirkt wird. Bewiesen wird diese Art des Wachstums erstens dadurch, dass im Scheiteltheile der Gallen das Gewebe aus kleineren, in lebhafter Theilung begriffenen Zellen besteht und erst mit dem Abschlusse des Wachstums auch diese Zellen die Grösse derjenigen der unteren Theile annehmen, und zweitens durch das Verhalten der Behaarung auf der Innenwand der Beutel. Bei *Prunus Padus* zeigt die junge, erst $\frac{1}{2}$ Millim. lange Beutelgalle auf ihrer ganzen Innenwand bis an den Scheitel Haare, die nach dem Eingang hin gerichtet sind (Fig. 35 A). Die erwachsene 3 Millim. lange Galle dagegen zeigt innerlich nur etwa in ihrem unteren $\frac{1}{3}$ Millim. langen Theile Behaarung (Fig. 35 B), der übrige kahle Theil muss also einem späteren Wachsthum seine Entstehung verdanken. Bei den nagelförmigen Gallen der Linde ist während der Entwicklung nur der untere Theil der Innenwand behaart, weiter nach oben trifft man immer jugendlichere Haare, zuletzt nur papillenartige Anfänge, und die ganze obere Hälfte ist kahl. Mit der Verlängerung der Galle schreitet auch die Haarbildung acropetal weiter, und wenn endlich der Scheiteltheil der erwachsenen Galle den ausgebildeten Zustand seines Gewebes erlangt hat, erscheinen auch in ihm die Haare. Offenbar erhält die Galle hauptsächlich durch den Gang dieses Scheitelwachstums und durch das Verhältniss desselben zum intercalaren Wachsthum ihre eigenthümliche Gestalt: sie wird zu einem langen, spitzen Beutel, wenn das Scheitelwachsthum lange gleichmässig fortdauert (*Tilia*), sie wird zu einem gelappten oder korallenartigen Auswuchse, wenn sich neue secundäre Vegetationspunkte mit gefördertem Wachsthum bilden (manche Gallen auf *Acer*), oder bildet einen mehr gleichmässig gerundeten Sack, wenn das Scheitelwachsthum das übrige intercalare Wachsthum nicht übertrifft (die gewöhnliche Form auf *Acer*). Zur Vergrösserung der Galle trägt immer auch ein intercalares Wachsthum bei, welches unabhängig von demjenigen des Scheitels in den übrigen Theilen der Wand fortdauert. Dies folgt daraus, dass die Grösse der Zellen in diesen Theilen, so lange die Galle noch nicht erwachsen ist, auch noch nicht ihr Maximum erreicht hat. Besonders dienen zu diesem Vergleich die elliptischen Epidermiszellen der Innenwand der Gallen von *Acer*. In der unteren Hälfte einer erst $\frac{1}{2}$ Millim. langen Galle sind diese Zellen 0,022 Millim., in einer 3 Millim. langen Galle ungefähr 0,06 Millim. lang. Durch das intercalare Wachsthum wird außer der Länge auch der Umfang der Gallen vergrössert. Besonders stark geschieht dies bei den sackförmig erweiterten. Daran nimmt meist die Basis der Galle nicht Theil; dieselbe bleibt stielartig eingeschnürt. Endlich findet auch ein Dickenwachsthum der Gallenwände statt: die Zellschichten, aus denen die Blattfläche anfangs bestand, werden vermehrt, bei den einzelnen Gallenarten in verschiedenem Grade unbedeutend. Nur wird die Gallenwand dicker als die normale Blattfläche ist, nur z. B. bei *Prunus Padus*, um das Zwei- bis Dreifache bei *Tilia*, um das Mehrfache bei den knöpfchenförmigen Gallen von *Salix*, die dadurch zu parenchymatischen Körpern mit ganz engem Innenraume verdickt werden. Die Verdickung kommt auf Rechnung des Mesophylls. Sie beginnt immer schon unmittelbar nach der ersten Anlage der Galle, so dass die

nur schwach vertiefe Stelle der Blattfläche schon ansehnlich sich verdickt, ehe noch das eigentliche Scheitel- und intercalare Wachsthum ihren Anfang genommen haben. Die Wand der Galle nimmt auch einen von der normalen Blattfläche verschiedenen anatomischen Bau an. Das Gewebe besteht aus einem ziemlich gleichförmigen, chlorophyllarmen, meist mit gerötheten Zellsäften versehenen Parenchym mit mässig dicken Zellmembranen und engen Intercellulargängen, daher von fester, fleischiger bis knorpeliger Beschaffenheit. Bei *Tilia* kommen die dem Parenchym dieser Pflanze eigenen Gummizellen auch in diesem Gewebe vor. Die Epidermis der Innenwand besteht aus in der Längsrichtung der Galle gestreckten Zellen und hat keine Spaltöffnungen,¹⁾ obgleich sie der Unterseite des Blattes entspricht und aus ihr entstanden ist; Haare bilden sich entweder nur im unteren Theile nahe der Mündung oder auf der ganzen Innenwand die Galle ist dann mit fadenförmigen Haaren erfüllt (*Tilia*). In dem Parenchym der Gallenwand entstehen auch Fibrovasalstränge, welche mit denen der benachbarten Blattfläche im Zusammenhang sind.

Es müssen zwei Arten von beutelförmigen Acarocecidien unterschieden werden. a) Beutelgallen ohne Mündungswall, wozu die Mehrzahl gehört. Der Eingang zur Galle entspricht dem Rande der anfänglichen Ausstülpung und liegt in der Ebene der Blattunterseite, selbst dann, wenn die Wandverdickung sich bis auf die in der Blattfläche ruhende Basis der Galle erstreckt. Der Galleneingang ist stets ringsum mit sehr dichtstehenden, ziemlich steifen, fadenförmigen, nach dem Ende hin zugespitzten Haaren bekleidet, welche alle nach aussen gerichtet sind und etwas hervorragen. Nach innen setzt sich die Behaarung ein Stück weit fort, und auch diese Haare sind alle gegen den Galleneingang hin gekrümmt. Letzterer wird dadurch völlig verstopft, und diese Vorrichtung scheint geeignet, dem Wasser sowol wie fremden, unberufenen Gästen den Eintritt in die Galle zu erschweren. b) Beutelgallen mit Mündungswall. Von den Rändern des Galleneinganges aus wächst die Blattmasse über diesen wie eine Ueberwallung empor, indem das gesamme Mesophyll hier in eine üppige Gewebewucherung übergeht, die sich gleichsam wie ein neues Stück Blattfläche hier ansetzt. Es sieht also aus, als wäre die Blattfläche hier ver-

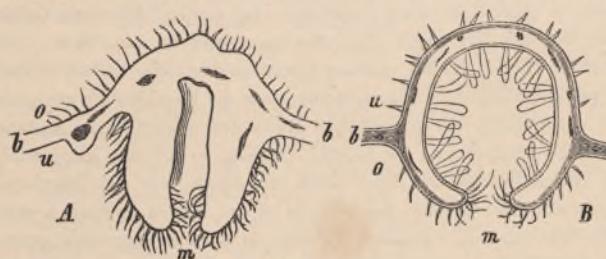


Fig. 36.

(B. 124.)
Beutelgallen mit Mündungswall, von *Phytoptus* verursacht, im Durchschnitte; A vom Blatte von *Salix Caprea*, B von demjenigen der *Prunus spinosa*. bb normaler Theil der Blattfläche, o Ober-, u Unterseite des Blattes, m Galleneingang.

erhebt sich die Ausstülpung der Blattfläche. Bei den hierher gehörigen Gallen der Weidenblätter (Fig. 36 A) stellt sogar der Mündungswall den grössten Theil der Gallenwand dar, die daher auf der Unterseite des Blattes steht, während die Ausbuchtung an der oberen Blattseite nur einen schwachen Höcker darstellt. Der Innenraum dieser sehr dickwandigen Galle ist nur ein enger, bisweilen etwas verzweigter Gang zwischen den Parenchymmassen; es werden die von den Milben besetzten Stellen durch die Wucherung des Gewebes gleichsam überwältigt. Es ist dies also die von dem gewöhnlichen Typus abweichendste Form. Eine andere Abweichung zeigen die mit Mündungswall versehenen Beutelgallen von *Prunus spinosa* (Fig. 36 B). Bei diesen liegt der loch- oder spaltenförmige Eingang an der Oberseite des Blattes und ist hier von einer Ueberwallung gebildet; die buckelförmige Ausstülpung liegt auf der Unterseite des Blattes. Die Wand der Galle, Ausstülpung und Mündungswall sind fast dreimal dicker als die normale Blattfläche und von fast knorpelartiger Festigkeit.

¹⁾ Vergl. auch die übereinstimmende Angabe von THOMAS, Bot. Zeitg. 1872, pag. 288.

Bemerkenswerth ist der anatomische Bau dieser Gallenwände mit Beziehung auf die morphologischen Blattseiten. Aus der Blattfläche setzen sich Parenchym und Gefässbündel sowol in die Ausbuchtung als auch in den Mündungswall fort. Von dem Parenchym ist nur eine dünne Schicht unter der Epidermis der äusseren Oberfläche der Gallenwände durch Chlorophyll grün gefärbt, der übrige Theil fast chlorophylllos; die ganze Epidermis der Innenseite ist mit sehr grossen, keulenförmigen, dünnwandigen Haaren besetzt, während die Aussenfläche der ganzen Galle kurze, kegelförmige, dickwandige Haare hat, die an der Mündung etwas länger und zahlreicher sind und hier den gewöhnlichen Mündungsbesatz bilden. Alles dieses bezieht sich gleichmässig auf die Ausstülpung und den Mündungswall; der Bau dieser Theile ist also gleichsinnig in Bezug auf die Galle orientirt, unabhängig von dem morphologischen Charakter hinsichtlich ihrer Abstammung von der Blattfläche.

Der Winteraufenthalt dieser Milben ist wahrscheinlich derselbe, wie bei den bisher besprochenen. Im Frühjahr kriechen sie sogleich an die sich öffnenden Knospen. Bei der Erzeugung der Gallen befinden sie sich nach THOMAS' Annahme von Anfang an auf derjenigen Stelle des Blattes, welche sich zur Galle umwandelt. Für die erwähnten Gallen auf *Salix Caprea* kann ich dies bestätigen, hier wird eine oder mehrere Milben von der im Umkreise sich erhebenden Gewebewucherung gleichsam überwältigt. Für alle Beutelgallen scheint dies aber nicht zuzutreffen: die von *Acer* fand ich anfangs leer, so viele ich ihrer auch untersuchte; erst zu einer gewissen Zeit scheint hier die Einwanderung zu erfolgen, denn später finden sich Milben und deren Eier reichlich darin.

Wenn Beutelgallen in sehr grosser Anzahl auf einem Blatte sich bilden, so kann dasselbe dadurch ganz verkrüppeln, und dieser Grad ist für das Laub nachtheilig. Da der ganze Spross das Invasionsgebiet der Milben ist, so kann an einzelnen Zweigen dadurch eine Laubbeschädigung eintreten.

2. Pflanzenläuse sind ebenfalls Erzeuger der in Rede stehenden Gallenformen. Die Rüstergallenlaus (*Tetraneura ulmi*) erzeugt an der Oberseite der Blätter der Rüstern stehende, bis bohnengrosse, meist dunkelrothe, kahle oder schwach behaarte Gallen von unregelmässig ei- bis keulenförmiger, oft etwas gekrümmter Gestalt. Es sind beutelförmige Ausstülpungen der Blattfläche, die daher auf der Unterseite des Blattes ihren Eingang haben, welcher als eine mit weissem Haarfilz bekleidete Vertiefung kenntlich ist, der untere Theil der Galle ist stielförmig verdünnt, die Höhlung hier zu einem Kanal verengt, der durch Haarfilz verstopft ist. Im Innern des hohlen Beutels leben die Läuse. Die Wand der Galle ist im Vergleich mit der normalen Blattfläche abnorm verdickt und von ziemlich fester, fleischiger Beschaffenheit. Die Zellschichten der Mesophylls sind nämlich vermehrt und bestehen aus gleichartigen, ziemlich isodiametrischen, chlorophyllarmen Zellen, deren Saft gewöhnlich gleich dem der Epidermis der Galle geröthet ist. Fibrovasalstränge verlaufen im Gewebe zahlreich in allen Richtungen der Oberfläche und mit einander anastomosirend. Die Epidermis der Innenseite der Galle, die der normal spaltöffnungsreichen Epidermis der unteren Blattseite entspricht, ist gänzlich ohne Spaltöffnungen. Der erste Anfang der Galle ist bald nach der Entfaltung der Knospen als ein gelblichgrüner oder röthlicher Flecken zu erkennen, in welchem schon eine Verdickung der Blattmasse beginnt, indem die Mesophyllzellen sich theilen, wobei sie weniger Chlorophyll bilden und oft ihren Zellsaft röthen. Wenn dann die Ausstülpung der Blattstelle erfolgt, so tritt zugleich die stärkere Haarbildung in der vertieften Stelle ein. Während sich die Vertiefung durch weiteres Wachsthum zur Aussackung steigert, fährt zunächst noch die ganze Innenfläche in der Haarbildung fort. Das weitere Wachsthum geschieht nun derartig, dass während die Basis in der Ausdehnung nachlässt und den engen stielartigen Eingang bildet, der obere Theil sich nach allen Richtungen stärker vergrössert und zum Hauptkörper der Galle wird; daher werden jetzt auch die Haare auf der Innenwand nach oben hin immer spärlicher. Später springen die Gallen an irgend einer Stelle nahe der Spitze, oder nahe der Basis, mit einer Spalte klaffend auf, wobei augenscheinlich Gewebespannungen des sehr turgescnten Gewebes eine Rolle spielen. Sehr oft ist das Blatt mit vielen Gallen beinahe ganz bedeckt. Bilden sich dergleichen am ganz jungen Blatte, so bleibt dieses in seinem Wachsthum so beschränkt, dass nur wenige Gallen auf ihm Platz haben. An manchen Zweigen sind die Triebe fast auf allen Blättern damit behaftet. Die starke Massenproduction bewirkt, dass solche Zweige von ihrer Last niedergezogen werden, ein

sprechender Beweis für die Hypertrophie und den localen Substanzverlust, der durch diese Gallenbildung bewirkt wird.

Schizoneura lanuginosa, HARTIG, bringt an den Ulmen die grossen blasenförmigen unregelmässig höckerigen, gewölbten und gefurchten, fein sammethaarigen, blassen oder röthlichen Gallen hervor, welche bis 5 Centim. Durchmesser erreichen. Dies sind die höchsten Leistungen eines Blattes in der Erzeugung einer blasenförmigen Galle durch Ausstülpung. Wenn das Blatt noch ziemlich klein ist, bekommt es in der Nähe seiner Basis neben der Mittelrippe eine Ausstülpung, deren Concavität die Unterseite des Blattes ist, wo die Läuse sitzen. Durch excessives Wachsthum vergrössert sich dieselbe rasch und nimmt eine Grösse an, die das Blatt, an welchem sie sitzt, um das Mehrfache übertreffen kann. Denn das letztere vergrössert sich dann nicht weiter und findet sich an der Basis der Blase als ganz kleines, meist zurückgeschlagenes Blättchen oder ist wol auch ganz verkümmert. Das nächstfolgende Internodium ist gewöhnlich verkürzt, gleichgültig, ob es ein normales oder, wie gewöhnlich, ebenfalls ein blasig deformirtes Blatt trägt. Bisweilen vereinigen sich daher mehrere Blasen, wobei der junge Spross dass Bindenglied zwischen den einzelnen Theilen darstellt. Bemerkenswerth ist, dass in der Epidermis der Aussenseite Spaltöffnungen vorkommen, die der normalen Blattoberseite fehlen, und das auch auf der Innenseite, wiewol viel spärlicher, solche vorhanden sind. Die Gallenwand ist zwar nicht merklich dicker als die normale Blattmasse, aber aus gleichförmig parenchymatischem Ge- webe, ohne Differenzirung von Pallisadenzellen gebildet.

Die Galle von *Pemphigus bursarius*, L., an den Blättern von *Populus nigra* und *pyramidalis* ist eine neben der Mittelrippe befindliche grosse, längliche, rothgefärbte Blase, deren spaltenförmiger, durch lippenförmige Ränder geschlossener Eingang an der Unterseite des Blattes liegt, und welche durch ausserordentlich starke, auf Vermehrung der Zellenschichten beruhende Verdickung der Blattmasse (um das 3- bis 4fache der normalen Blattdicke) eine feste, saftigfleischige, fast knorpelige Beschaffenheit annimmt, wobei das Mesophyll gleichmässig aus rundlichen, chlorophyllarmen Zellen besteht, und die Epidermis der Innenseite (morphologische Unterseite) spaltöffnungslos und mit kurzen mehrzelligen Haaren besetzt ist. Die Galle entsteht so gleich nach Austritt des Blattes aus der Knospe als eine Falte. — Eine morphologisch andere, schon nicht mehr streng hierher gehörige Galle sind die pfropfenzieher- oder lockenförmig gewundenen Verdickungen der Pappelblattstiele, welche von *Pemphigus affinis*, KALT., bewohnt sind. Der bandartig verbreiterte, concav werdende und fleischigverdickte Blattstiel beschreibt ungefähr zwei Spiralwindungen, wobei die Ränder sich dicht aneinander legen, ohne zu verwachsen.

Ueber die Lebensweise dieser Gallläuse steht soviel fest, dass sie in den Gallen sich vermehren, dass die Nachkommen nach mehrmaligen Häutungen Flügel bekommen und dass die geflügelten Thiere die Galle verlassen, um (vielleicht durch Geschlechtsakt) die Wintergeneration zu erzeugen, welche auf den Nährpflanzen überwintert und im Frühjahr die sich öffnenden Knospen aufsucht. Nach KESSLER¹⁾ überwintern die *Tetraneura ulmi* und andere auf Ulmen gallenbildende Läuse nicht an den jüngeren Zweigen, sondern zwischen den rissigen Rindentheilen des Stammes und der älteren Aeste.

Auch die Gallen, welche die Reblaus (s. unten) an den Blättern des Weinstockes hervorbringt, gehören in diese Kategorie, denn sie entstehen als Eindrücke der Blattsubstanz von der oberen Seite aus und werden zu Ausstülpungen, die an der entgegengesetzten Seite in Form kleiner gerötheter Warzen erscheinen. Sie haben an der Oberseite des Blattes eine kleine Spalte, die mit steifen Borsten gesäumt ist, durch welche der Eingang verschlossen wird.

V. Knospenanschwellungen und Triebspitzendeformationen.

Die Missbildung betrifft den Spross im Knospenzustande, die End- oder die Seitenknospen, und zwar Winterknospen der Holzgewächse oder Triebspitzen von Kräutern oder Blüthenständen, und besteht darin, dass die Knospen- oder Sprossachse sich nicht streckt, kurz bleibt, aber oft mehr oder weniger sich

¹⁾ Lebensgeschichte der auf *Ulmus campestris* vorkommenden Aphiden-Arten etc. Jahresber. d. Ver. f. Naturk. Cassel 1878.

verdickt, und dass eine überhäufte Bildung dicht aufeinanderliegender Blätter eintritt, welche meist hochblattartige Form annehmen, nämlich zu breiten und verdickten und meist vergrösserten, oft auch mit reicher Haarbildung oder mit Emergenzen bedeckten Schuppen werden, so dass die deformirte Knospe an Volumen zunimmt, einen Blätterknopf oder dichten Blätterschopf oder eine Blätterrose darstellt. In den Zwischenräumen zwischen den Blättern und der Achse leben die Gallmilben, Pflanzenläuse oder Fliegenlarven, welche die Erzeuger solcher Gallen sind.

I. Zwei oder mehrere der letzten Blätter sind zu einem hülsenförmigen Gehäuse aneinander gelegt. Diese Gallenform wird von Gallmücken erzeugt, besonders bei gegenständiger Blattstellung, wo sich die obersten zwei opponirten Blätter ziemlich genau aufeinanderlegen und ein Gehäuse oder eine Tasche bilden. Solches bewirkt z. B. *Cecidomyia Veronicae*, VALL., an *Veronica chamaedrys* und *montana*, wo die beiden Blätter ihre normale Grösse nicht erreichen, sich aber stärker verdicken als die gesunden und sich mit einem *Erinaceum*-ähnlichen Haarfilz bedecken. Der eingeschlossene Vegetationspunkt des Triebes bleibt unentwickelt.

II. Zahlreiche zusammengedrängte Blätter der verkürzt bleibenden Achse bilden eine angeschwollene Knospe, einen Blätterknopf oder eine Blätterrose. Diese Gallenform finden wir sehr verbreitet bei Gallmilben, Pflanzenläusen und Gallmücken, sowol an Kräutern, wie an Holzpflanzen, und in grosser Mannigfaltigkeit hinsichtlich der Form, in welcher dabei die Blätter umgewandelt werden.

I. Unter den hierher gehörigen Milbengallen sind die deformirten Knospen von *Corylus Avellana* besonders bemerkenswerth. Statt zu den gewöhnlichen Winterknospen sich auszubilden schwellen manche Knospen zu fast kugelrunden, bis 8 Millm. dicken Körpern an, welche von bedeutend vergrösserten Knospenschuppen bedeckt sind (Fig. 37 A). Ein stark entwickeltes Achsenorgan trägt zahlreiche, dicht um einander stehende Blätter. Die äusseren sind die vergrösserten Knospenschuppen, und darauf folgen die ebenfalls vergrösserten Nebenblätter (denen morphologisch die Knospenschuppen bei *Corylus* äquivalent sind); aber die zu ihnen gehörigen Laubblätter werden hier nicht ausgebildet. Ausserdem finden sich zwischen den Blattorganen bisweilen Anlagen von Seitenknospen, welche normal an diesen Stellen nicht entwickelt werden. Die Innenfläche der Knospenblätter und, mit Ausnahme der äussersten auch die Aussenfläche

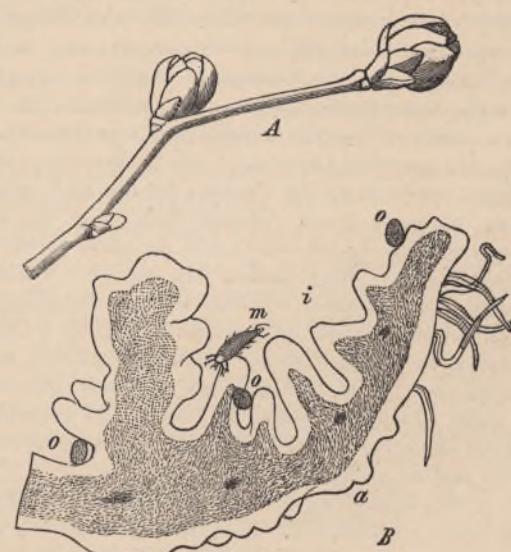


Fig. 37. (B. 125.)

Knospendeformation von *Corylus Avellana* durch *Phytoptus*. A ein Winterzweig mit zwei angeschwollenen Knospen und einer normalen Winterknospe. B Stück eines Querschnittes durch ein umgewandeltes Blatt aus dem Innern der Knospendeformation; a die Aussen-, i die Innen- oder morphologische Oberseite des Blattes. Zwischen dem innersten Gewebe, in welchem Fibrovasalstränge verlaufen, und der Epidermis befindet sich eine helle, mehr meristematische Gewebezone. Durch Wucherungen dieser und der darüber gehenden Epidermis (also als Emergenzen) entstehen, besonders auf der Innenseite, eine Menge Auswüchse. m Milbe, ooo Milbeneier. roofach vergrössert.

derselben, diese jedoch im schwächerem Grade, ist dicht besetzt mit eigenthümlichen, warzen- bis korallenförmigen, kleinen Auswüchsen, die durch Wucherungen des Mesophylls entstehen, über welche die Epidermis hinweggeht, die also den Charakter von Emergenzen haben. Sie bestehen anfangs nur aus Parenchym; eine äussere hellere Zone desselben bleibt kleinzellig und theilungsfähig, eine innere bekommt lufthaltige Intercellulargänge und schwachen Chlorophyllgehalt; späterhin treten in die grösseren derselben auch Gefässbündel ein. An der Aussenseite der Schuppen kommen außerdem die gewöhnlichen Haarbildungen vor. In den Lücken zwischen den zahlreichen Erhabenheiten finden sich die Milben und ihre Eier in Menge. Die Knospe nimmt diese Ausbildung während des Sommers an und ist im Herbst vollständig entwickelt. Sie verharret in diesem Zustande, die Milben bergend, den Winter über. Im Frühling bemerkt man wol noch ein weiteres Anschwellen dieser Knospen und ein Auseinanderweichen ihrer Blätter an der Spitze; aber es wächst kein grüner Blättertrieb aus ihnen hervor. Bald nachdem die normalen Knospen ausgetrieben haben, vertrocknen die deformirten allmählich; ich sah die Milben um diese Zeit schaarenweise auswandern auf die neuen Triebe; hier begeben sie sich nach den ganz jungen Anlagen der Achselknospen der Laubblätter und dringen bis an deren Vegetationspunkt vor, worauf sogleich die stärkere Entwicklung der befallenen Knospen beginnt.

Ein Beispiel von Triebspitzendeforation an krautartigen Pflanzen, durch Milben verursacht, liefern die seit langer Zeit bekannten, sehr häufigen weisswolligen Knöpfe an den Stengel spitzen von *Thymus serpyllum*. Hier sind die obersten Laubblätter an den verkürzt bleibenden Internodien der Stengel in kürzere, aber etwas breitere, fast kreisrunde, etwas dickere Schuppenblätter umgewandelt und schliessen zu einem Knopf zusammen. Die Aussenseiten der Blätter sind mit *Erinaceum*-artigem Haarfilz bekleidet, der sich gewöhnlich schon an dem nächst vorhergehenden, vom Knopf etwas entfernt stehenden Blattpaare zeigt.

2. Von Pflanzenläusen wäre als Erzeuger hierhergehöriger Gallen zu nennen erstens eine *Psylla*, welche die Trieb spitzen von *Cerastium triviale* und *arvense* in runde, 1 bis 2 Centim. dicke Blätterschöpfe verwandelt, welche aus verkürzten Internodien und dicht be zusammenstehenden, aufrecht angedrückten, breit eirunden, oft bauchig gewölbten Blättern (ent weder umgewandelten Laubblättern oder Deckblättern oder Kelchblättern, je nach der Region des Stengels, welche durch den Parasiten befallen wird) besteht, und zweitens die *Lavia Juncorum*, LATR., welche die grösste bekannte Galle dieser Art erzeugt. An *Juncus lamprocarpus* wird dadurch entweder die Inflorescenz oder der ganze vegetative Haupttrieb in eine Blätterquaste um gewandelt, welche bis 5 Centim. dick und bis 8 Centim. lang sein kann. Die Achse bleibt verkürzt, die Laubblätter, beziehendlich die Deckblätter, welche daher dicht über einander stehen, bekommen einen mächtig entwickelten, bis 5 Centim. langen Scheidentheil, während die Lamina in allen Graden bis zur Verkümmern kürzer wird. In den Achseln der Scheiden tritt Sprossung auf, indem in ihnen je ein secundärer, quastenförmiger Spross sich entwickelt. Wenn der ganze Haupttrieb deformirt ist, so steht die grosse Blätterquaste unmittelbar über der Erde oder auf einem nur wenige Centimeter hohen Halme. Zwischen den Scheiden befinden sich die Larven und die geflügelten Thiere.

3. *Cecidomyiengallen* dieser Art giebt es sowol an Holzpflanzen wie an Kräutern. Zwischen den Blättern im Mittelpunkte dieser Gallen befindet sich die Fliegenlarve; und letztere verwandelt sich auch meist an diesem Orte. Es kommen hier sowol Blätterknöpfe vor, gebildet aus vielen kürzeren, aber breiteren Blättern (was besonders bei schmalblättrigen Pflanzen hervortritt, wie bei *Linum*, *Galium*, *Euphorbia*, *Cyparissius* etc.), als auch Blätterrosen, wie die durch *Cecidomyia rosaria*, H. Lw., an vielen Arten von *Salix* erzeugten sogen. Weidenrosen, welche einen verkürzten Laubspross darstellen, dessen Blätter nur mit ihren verbreiterten und verdickten Basen die Galle bilden, während die kurzbleibenden Blattflächen abstehen und ein rosenartiges Gebilde darstellen.

III. Auf Vergrösserung und Vermehrung der Deckblätter etc. beruhende Deformation des Blüthenstandes.

Hierher gehören namentlich die von einem *Phytoptus* bewohnten mächtig vergrösserten Blüthenköpfe von *Artemisa campestris*, die in allen Grössen bis zu 12 Millim. Durchmesser vor kommen; sie haben ein entsprechend grösseres Receptaculum und bestehen fast nur aus zahl-

reichen, mehrmals grösseren Involucralblättern. — An *Carduus acanthoides* fand Löw¹⁾ die von *Phytoptus* bewohnten Blüthenköpfchen vergrünt: die Involucralblätter normal, die Achsen verkümmert und den Pappus in grüne Blättchen verwandelt.

IV. Auf hochgradiger Verzweigung und auf vermehrter Blattbildung in verringelter Grösse beruhende Knospedeformationen.

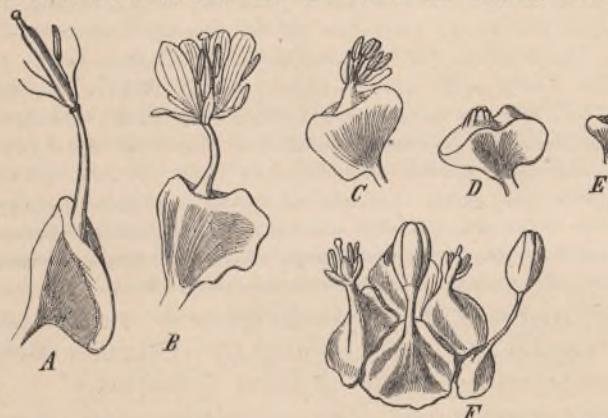
Zur Erläuterung dieser Gallenform mögen die von *Phytoptus* verursachten wallnuss- bis faustgrossen Auswüchse an den Zweigen von *Salix babylonica* dienen, welche aus lauter kleinen Blättchen und Höckerchen bestehende, blumenkohlähnliche Massen bilden. Die Missbildungen entstehen aus einer Knospe und entsprechen also einem ganzen diesjährigen Triebe. In einem schwächsten Grade der Verbildung ist dieser Trieb wirklich entwickelt, aber meist viel dicker als gewöhnlich und verhältnissmässig wenig verholzt, er trägt auch normale, doch oft etwas rückwärts gekrümmte Blätter, aber in den Achseln jedes dieser Blätter ist sofort eine profuse Knospenbildung hervorgebrochen. Dieselbe besteht aus einer verkürzten aber sehr verbreiterten, daher bisweilen fast hahnenkammförmigen Achse, die mit lauter kleinen, linealischen, spitzen Blättchen besetzt ist, von denen fast jedes sogleich wieder axilläre Sprossung treibt, was sich dann in immer weiteren Graden ins Grenzenlose wiederholt. In diesem korallen- oder blumenkohlartigen Gewächs kann man zwischen Blatt- und Stengelorgan kaum einen Unterschied finden; Durchschnitte durch den Rand desselben zeigen eine Menge auseinander hervorkommender Meristemhöcker, lauter kleine Vegetationspunkte, durch welche das Knospengewächs immer grösser wird. Im stärksten Grade der Deformation werden auch schon die Laubblätter des Triebes zu jenen kleineren hochblattartigen Gebilden, und da die Internodien des Triebes kürzer bleiben, so grenzen die einzelnen Knospenwucherungen derselben unmittelbar an einander, und der ganze Trieb ist zu einem länglichen, unsymmetrischen Klunker deformirt. Alle Theile der Galle sind mit reichlicher Haarbildung bekleidet, ohne gerade dadurch weisshaarig zu werden. Zwischen den Wucherungen findet man den *Phytoptus*. Vielleicht kann auch aus den Kätzchen dieselbe Deformation hervorgehen. — Aehnliche Klunkerbildungen, durch *Phytoptus* verursacht, kommen an Pappeln, an den Blüthenständen der Eschen, an *Galium saxatile*, *sylvestre* etc. vor.

V. Bleiche, ananasförmige Knöpfe (Ananasgallen), entstanden durch starke, meist schwammige Aufreibung aller Blüthenstiele einer jungen Traube oder aller Blattbasen einer Triebspitze.

Eine derartige Galle erzeugt *Cecidomyia Sisymbrii*, SCHRK., an den Blüthentrauben mehrerer Cruciferen, besonders von *Nasturtium sylvestre*, *palustre* und verwandten Arten. Die Bildung der Galle beruht auf einer Veränderung sämmtlicher Blüthenstiele einer Traube. Dieselben bekommen etwas oberhalb ihrer Basis eine mächtige Gewebewucherung in Form eines weissen, schwammigen Körpers, der wie eine sehr breite und dicke Krempe den Blüthenstiel umgibt. Nach unten verschmäler sich allmählich in die dünne Basis des Stieles, nach oben setzt sie plötzlich ab, eine ungefähr rhombische Rückenfläche bildend, aus deren Mitte der übrige Theil des Blüthenstieles in normaler Gestalt sich erhebt um an seiner Spitze die unveränderte Blüthe zu tragen. In je frühzeitigerem Entwicklungsstadium aber der Blüthenstiel von dem gallenbildenden Einflusse getroffen wird, ein desto grösserer Theil desselben wird in die Geschwulstbildung hineingezogen, und an ganz jugendlichen Blüthen wird der hier noch äusserst kurze Stiel, mit Ausnahme der stets dünn bleibenden untersten Basis gänzlich schwammig aufgetrieben, so dass auch die Blüthe unterdrückt bleibt. In Fig. 38 A—E sind verschiedene derartige Umwandlungsformen dargestellt. Die stärkst deformirten findet man im oberen Theile der Galle, weil die obersten Blüthen der Traube die jüngsten sind. Die Anschwellung röhrt her von einer Hypertrophie des Parenchys des Blüthenstieles, die aber weniger in einer Vermehrung, als vielmehr nur in einer ungeheuren Vergrösserung der Zellen besteht, welche sich in radialer Richtung strecken und dabei geräumige luftführende Intercellulargänge zwischen sich bilden, wodurch die schwammige Beschaffenheit bedingt wird. Vor ihrem abnormen Wachsthum erfüllen sich die zur Gallenbildung bestimmten Zellen mit Stärkemehl, was normal nicht der Fall ist; letzteres ist wieder verschwunden, wenn

¹⁾ Verhandl. d. geol. Bot. Gesellsch. Wien. XXV., pag. 621.

die Zellen ihr Wachsthum vollendet haben. Dieselben enthalten dann nur wässerigen Zellsaft und haben dünne Membranen. Die ungefähr rhombische Form der Blüthenstielwucherungen hängt damit zusammen, dass die benachbarten aufeinandertreffen und mit einander in innige Berührung treten, wie es Fig. 38 darstellt. Dadurch wird ein Raum um die Spindel des Blüthenstandes und um die Blüthenstielbasen abgeschlossen, in welchem die Larven leben. Bisweilen befällt die Gallmücke auch die Achseln der Laubblätter. Dann verdickt sich die halbscheidige Basis des Blattes unter der gleichen Gewebeentwicklung und schliesst gegen die Achse hin eine Kammer für das Insekt ab. Auch betheiligt sich oft die angrenzende Stelle des Stengels mit in diesem Sinne, indem sie durch eine Randwucherung eine Vertiefung bildet. Die befallenen Blüthenstände bleiben unfruchtbar. Die Entwicklung dieser Gallen habe ich von den ersten Anfängen an verfolgt. Die Eier werden zwischen die Blüthenknospen ganz junger Blüthenstände gelegt. An allen jungen Theilen, besonders an den Blüthenstielen im Knospenzustande, befinden sich haarartige, Schleim absondernde Zellgewebskörper (Colleteren). In diesem Schleim, welcher meist die Zwischenräume der Stiele und der Hauptachse des Blüthenstandes in der Knospe erfüllt, findet man das röthliche, längliche, etwa 0,2 Millim. lange Fliegenei, lose zwischen den Stielen. Blüthenstände, welche nur Eier enthalten, zeigen noch nicht die geringste Abnormalität. Die Larve entwickelt sich aber sehr schnell aus dem Ei; und Blüthenstände, welche nur erst



(B. 126.)

Fig. 38.

Cecidomyia Sisymbrii. Umwandlungszustände der Blüthenstiele der zu bleichen Knöpfen deformirten Blüthenstände von *Nasturtium palustre*. Die durch Wucherung des Parenchys sich bildende krepisiforme Anschwellung des Blüthenstiels ist von A bis E in den verschiedenen Alterszuständen der Blüthe eingetreten, die im jungen Blüthenstand von unten nach oben aufeinanderfolgend gleichzeitig vorhanden sind. F Aneinanderschluss der Blüthenstielkämpe, wodurch unter den letzteren der von den Larven bewohnte Raum gebildet wird.

zapfenartigen Gallen umgewandelten Triebe der Fichte (Fig. 39 A). Jede Nadel verbreitert sich über ihrer Basis ringsum zu einer fleischigen Schuppe, und die einzelnen Schuppen berühren sich mit ihren Rändern, dadurch kleine Höhlungen zwischen sich und der ebenfalls fleischig werdenden und verkürzt bleibenden Achse des Triebes bildend, worin die Insekten wohnen. Jede Schuppe ist daher ein ungefähr vierseckiges Schild, welches zwei Seiten nach oben, zwei Seiten nach unten hat und auf seiner Mitte den unveränderten Theil der Nadel trägt. Dieser ist entweder die ganze normale obere Hälfte der grünen Nadel oder nur eine kurze, kaum noch Nadel zu nennende Spitze. Dies hängt von der späteren oder früheren Befallung und von dem langsameren oder schnelleren Fortschritt der Gallenbildung während des Ausschlagens der Knospe ab. Eben darnach richtet es sich auch, ob an der Spitze der Galle der Trieb als benadelter Spross durchwächst, oder ob er als ein kleiner Schopf normal gebildeter Nadeln in seiner Entwicklung stehen bleibt, oder ob gar nichts von ihm zu sehen ist, indem auch die obersten Nadeln mit in die Gallenbildung hineingezogen sind. Nicht selten ist die Galle einseitig, indem die eine Längshälfte

den geringsten Anfang der Gallenbildung zeigen, der sich an einer etwas bleicheren oder röthlichen Farbe verräth, enthalten schon die bewegliche Larve; ja in einem Falle fand ich eine solche schon in einem noch ganz unveränderten Blüthenstand. Es geht daraus bestimmt hervor, dass die veränderte Bildungstätigkeit erst dann ihren Anfang nimmt, wenn der Parasit in den Zustand der Larve übergeht und seine Lebensactionen beginnt.

Eine andere hierher gehörige Galle sind die durch die Fichtenrindenlaus (*Chermes Abietis*, LINNÉ) zu ananas- oder erdbeerähnlichen,

2. Gallenerzeugende thierische Parasiten.

des Triebes nicht verdickt ist und normal gebildete Nadeln trägt, oder indem dieses nur in einem schmalen Streifen der Fall ist, der dann in einer Furche liegt, oberhalb deren der Trieb sich wieder normal fortsetzt, wobei er jedoch

meist eine Krümmung gegen die Gallenseite hin macht, weil die stärkere Streckung, die er sogleich über der Galle wieder anzunehmen sucht, dort durch die letzten zur Galle gehörigen Internodien einseitig gehemmt wird. Im Frühling sind die Gallen violett oder purpurroth, fleischigsaftig, sehr harzreich, völlig geschlossen; sie wachsen bis zu 2 Centim. Querdurchmesser heran. Später werden sie hart, holzig, braun, und die Schilder öffnen sich über jeder Nadel lippenförmig, um die ausgebildeten Thiere frei zu lassen. Wiewol auch ältere Bäume nicht verschont werden, so sind doch 10- bis 20jährige Fichten dem Angriffe am meisten ausgesetzt; diese sind bisweilen über und über mit den Zäpfchen bedeckt. Der Wuchs des Baumes kann dadurch bemerklich zurückgesetzt werden. Schon im ersten Frühling, wo die Winterknospe noch völlig und fest von den Knospenschuppen umschlossen ist, saugt sich die Altmutter unmittelbar auf der Basis der untersten Knospenschuppen an, wächst

zu bedeutender Grösse heran und legt die Eier in Haufen neben sich ab. Bereits in dieser Zeit, wo ausser der Altmutter und den Eiern nichts und auch in der vollständig geschlossenen Knospe überhaupt nichts Animalisches zu finden ist, hat der Anfang der Gallenbildung am jungen Sprosse begonnen: die Sprossachse ist im unteren Theile beträchtlich verdickt, und die jungen Nadeln sind hier kurz, dick, kegelförmig, blassgrün oder weiss, ihre Parenchymzellen mit Stärkekörnern vollgepropft, während die gesunde Knospe im gleichen Entwicklungsstadium eine schlanke Achse und linealische, grüne Nadeln mit amyllumfreien Zellen hat. Erst nachdem die Knospe sich geöffnet hat, kommen die jungen Blattläuse aus den Eiern und begeben sich nun sofort zwischen die Basen der deformirten Nadeln. In diesem Stadium haben die letzteren bereits die Form von Fig. 39 C. Der obere Theil (a) ist rein grün und zeigt die gewöhnlichen Reihen von Spaltöffnungen und chlorophyllhaltiges, stärkefreies Mesophyll mit luftführenden Intercellulargängen; der grössere, bleiche Untertheil hat keine Spaltöffnungen und ein chlorophyllloses, stärkereiches Parenchym ohne deutliche Intercellulargänge, welches im Meristemzustande sich befindet. Es ist hiernach ausser Zweifel, dass der gallenbildende Einfluss allein durch den Stich der Altmutter an der Basis der äusseren Knospenschuppen ausgeübt und im Gewebe der Achse in unbekannter Weise fortgepflanzt wird. Nach Einwanderung der jungen Läuse beginnt ein weiteres Wachsthum in den meristematischen Untertheilen der Nadeln, wodurch die eigentlichen Kammern für den Aufenthalt der Thiere gebildet werden. Wenig über der Basis der Nadeln entstehen krepisartige Verbreiterungen, welche mit denen der benachbarten Nadeln in Berührung kommen, wobei die Epidermiszellen der an einander stossenden Theile zu Papillen werden, die sich gegenseitig zwischen einander schieben und pressen; auf diese Weise wird der darunter liegende Raum, in welchem sich die Thiere befinden, abgeschlossen. Bis Ende Juli behält die Galle diese Beschaffenheit; sie besteht dann immer noch aus dünnwandigen, saftigen Zellen, welche viel Stärkekörner und feinvertheiltes Terpenthinöl enthalten. Im August, wo das Holzigwerden und das Aufgehen der Galle eintritt, verschwindet das Stärkemehl aus den Zellen,

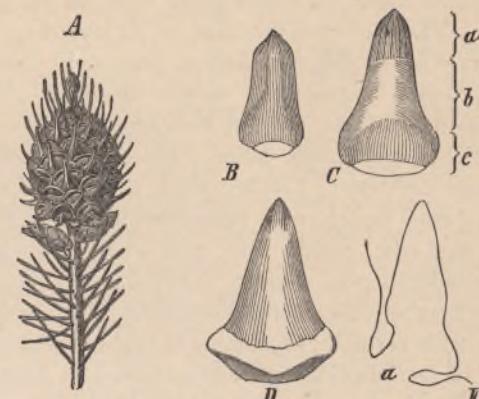


Fig. 39. (B. 127.)

Ananasförmige Galle der *Chermes Abietis* an der Fichte in natürlicher Grösse (A). B erster Anfang der Deformation der jungen Nadel durch abnormes Wachsthum an der Basis. C etwas späterer Zustand, a die grüne normale Spitze der Nadel, b der bleiche Theil, c die ebenfalls bleiche, durch Auswachsen in eine krepisförmige Anschwellung von b sich abgrenzende Basis der Nadel. D die kranke Nadel in weiterer Ausbildung der einzelnen Theile. E Durchschnittsprofil der Nadel im Zustande von D, um die Wachstumsrichtungen des Nadelkörpers über seiner Basis a zu zeigen.

Terpenthinöl bleibt zurück, die Zellmembranen sind etwas dicker, getüpfelt und verholzt. Das Öffnen geschieht durch das Austrocknen und ist eine Folge von Gewebespannung, denn geöffnete Gallen, in Wasser gelegt, schliessen sich nach einiger Zeit wieder.

VI. Deformirte Blüthenknospen. Mehrere Arten Cecidomyien legen ihre Eier in Blüthenknospen, was meist zur Folge hat, dass sich solche Blüthen zu Gallen entwickeln, indem sie statt normal aufzublühen, sich mehr oder weniger vergrössern und fleischig verdicken und eine Höhlung abschliessen, in welcher die Larven leben. Bei *Lotus corniculatus*, welcher von *Diplosis (Cecidomyia) Loti*, DEG., befallen wird, zeigt sich keine eigentliche Vermehrung, sondern nur eine bedeutende Vergrösserung der Blüthentheile: der Kelch ist stark erweitert, die gelben oder röthlichen Blumenblätter, welche knospenartig fest an einander liegen, sind an der Basis stark fleischig verdickt und verbreitert. Auch die Staubgefässe, deren Filamente dabei meist frei sind, zeigen sich an der Basis fleischig verdickt; die Antheren sind unvollständig gebildet. Der Fruchtknoten in der Mitte des erweiterten Blüthenraumes ist ebenfalls hypertrophisch und verkrüppelt, die Basis wird aber zeitig durch den Einfluss des Parasiten braun und welk. Bei *Asphondylia (Cecidomyia) Verbasci*, VALL., in den Blüthen von *Verbascum*-Arten bildet nur der stark aufgetriebene Fruchtknoten die Larvenkammer. Keine eigentliche Gallenbildung, sondern nur Verkümmерung oder Verkrüppelung des Fruchtknotens und Schwarzfleckigwerden der umhüllenden Spelzen bewirkt die Weizengallmücke, *Diplosis (Cecidomyia) Tritici* Kirby, welche ihre Eier bis zu 10 Stück in das Innere einer Blüthe des Weizens legt. Die blüthenbewohnenden Gallmücken verlassen die Blüthen als Larven, um sich in der Erde zu verpuppen.

VI. Auf Gewebewucherungen beruhende Anschwellungen von Stengeln und Wurzeln mit äusserlich lebenden Parasiten.

Es handelt sich hier vorwiegend um Pflanzenläuse, welche auf der Oberfläche der Pflanzenteile sich ansaugen und dadurch Wucherungen der angrenzenden Gewebe verursachen. Ihnen würden sich einige Fliegenlarven anschliessen, besonders diejenigen, welche zwischen der Scheide und dem Internodium der Gramineenhalme leben.

1. Krebsbildungen an Holzpflanzen. Von diesen Gallen ist am bekanntesten der durch die Blutlaus (*Schizoneura lanigera*, HAUSM.) verursachte Krebs der Apfelbäume. Diese Laus lebt an der Rinde der ein- und wenigjährigen Zweige und an Rindenwunden des älteren Holzes des Apfelbaumes und einigen nahe verwandten *Pyrus*-Arten in botanischen Gärten etc. Ihre Gesellschaften, die reihenweise oder in Gruppen sitzen, bedecken die Zweige bisweilen bis oben hinauf als klumpige, weisse Flocken. Die Thiere saugen entweder die unversehrte Rinde jüngerer Zweige oder die Ueberwallungsräder von Wunden an, weil hier nur eine dünne Korkschicht das saftige Gewebe bedeckt. Die Folge ist eine beulenförmige Anschwellung des Zweiges. Dieselbe hat ihren Grund in einer abnormen Thätigkeit der Cambiumschicht, die sich in einem stärkeren Dickerwachsthum des Holzkörpers ausspricht.¹⁾ Dabei wird kein normales Holz gebildet, sondern ein weiches, nicht oder nur wenig verholztes Gewebe. Die Anordnung der Zellen in radialen Reihen, zwischen denen die Markstrahlen stehen, bleibt ziemlich deutlich; auch behalten die Markstrahlzellen ihre

¹⁾ Die in Rede stehenden Veränderungen sind gleichzeitig von STOLL (in SCHENK und LÜRSSEN, Mittheil. aus dem Gesamtgebiet d. Bot. II. Heft. 1.) und von PRILLIEUX (Bull. de la soc. bot. de France, 1875, pag. 166) untersucht worden.

charakteristische Form, aber sie verholzen nicht. Die an Stelle der eigentlichen Holzelemente stehenden Zellen sind wie diese in der Längsrichtung gestreckt, an den Enden etwas verengt, mehr oder weniger weit, etwa den Gefässzellen vergleichbar. Nur an der Grenze, wo das normale Holz in das pathologische Gewebe übergeht, sind noch einzelne dieser Zellen verholzt und zu weiten Tüpfelgefässen ausgebildet; dann folgen lauter dünnwandige und unverholzte saftführende Zellen. Die Anschwellung des Zweiges kommt ganz auf Rechnung dieses in grosser Menge gebildeten abnormen Gewebes. Dasselbe setzt sich an seinen Rändern, wo die Holzbildung normal stattgefunden, an den gesunden Theil des Holzes an, und die Cambiumschicht geht ununterbrochen um das Ganze herum (Fig. 40 A und B.) Die Rinde und der Bast erleiden dagegen kaum eine Veränderung; sie sind nicht merklich dicker als an den gesunden Stellen, woraus hervorgeht, dass die abnorm gesteigerte Thätigkeit der Cambiumschicht sich so gut wie ausschliesslich nach einwärts gegen das Holz richtet. Auch die Epidermis und die darunterliegenden collenchymatischen Zellschichten sind in der Geschwulst ebenso vorhanden, wie im gesunden Theile; desgleichen stellen sich später auch die Vorbereitungen zur Korkbildung unter der Epidermis ein. Solange die Thiere, welche die Geschwülste äusserlich oft ganz bedecken, darauf angesaugt bleiben, vergrössern sich die letzteren. Dieses geschieht auf doppelte Weise: einmal dadurch, dass die Cambiumschicht in ihrer Thätigkeit fortfährt, zweitens dadurch, dass alle Zellen des abnormen Gewebes

bis zu einem gewissen Grade sich erweitern. Durch die Dehnungen, die damit verbunden sind, werden oft innere Zerreissungen bewirkt; es entstehen hier und da lange, elliptische Spalten, die in radialem Richtung stehen und durch Auseinanderweichen der radialen Zellreihen zu Stande kommen. In dem abnormen Gewebe bleibt immer eine Neigung zum Verholzen; einzelne dieser Zellen bekommen getüpfelte, verholzte Membranen, und stellenweise bilden sich sogar einzelne Stränge verholzter Zellen. Es kann dies sogar allgemeiner werden, indem an der äusseren Grenze des hypertrophirten Gewebes unterhalb der Cambiumschicht wieder einzelne Partien oder selbst eine continuirliche Zone von Holz erscheint (Fig. 40 C); dies vielleicht besonders dann, wenn das Saugen nachlässt. Da die weitere Verdickung der Beulen oft ungleichmässig erfolgt, so wird auch oft die radiale Anordnung der später erzeugten Holzbündel gestört, indem sie sich bald in radialem, bald in tangentialer Richtung schief stellen. In Folge dieses Wachsthumus wird das umgebende Periderm oft etwas gesprengt, besonders in der Längsrichtung des Zweiges. Darum nehmen manche Anschwellungen eine länglich elliptische Form an. Das ungleichmässige Wachsthum der Beulen, das Hervordrängen neuer Wülste zwischen den alten

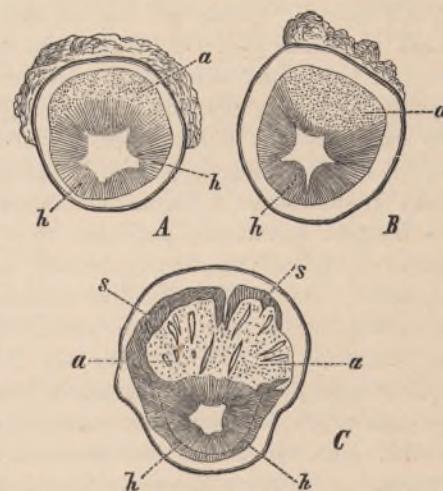


Fig. 40. (B. 128.)

Anfang der Krebsbildung durch die Blutlaus an jungen Zweigen von *Pyrus*, im Querdurchschnitt. Die von den Läusen einseitig befallenen Zweige haben an dieser Seite statt normalen Holzes ein abnormes nicht verholztes Gewebe a gebildet; bei hh das gesunde Holz. In C hat an dem abnormen Wuchergewebe bei ss später wieder Holzbildung begonnen. Schwach vergr.

und am Rande hinter dem aufgeborstenen Periderm, wo die Thiere besonders gern sich ansaugen, wol auch Frostbeschädigungen des weichen Gewebes, alles das bewirkt endlich Zerklüftungen der Beulen und am Rande ein weiteres Fortfressen des Geschwüres. Daher pflegen an alten Blutlausstellen die mittleren Theile oft aus abgestorbenem Gewebe zu bestehen, während am Rande ringsum, gleichwie Ueberwallungswülste, immer neue Anschwellungen sich bilden. Wir haben dann das eigentliche Krebsgeschwür vor uns. Ein ganz ähnlicher Zustand wird hervorgebracht, wenn die Blutläuse die Ueberwallungsränder irgend welcher alter Wunden befallen, indem hier die Geschwülste auf den Ueberwallungsrändern entstehen. Daher kann der Blutlauskrebs auch am älteren Holze sich zeigen. An letzterem sind es ferner auch die kleinen, kurzen Zweiglein und die Augen der Stammausschläge, an denen die Geschwülste sich bilden können. Diese Krebsstellen sind offenbar schädlicher als gewöhnliche Wunden, welche in regelrechter Weise durch Ueberwallung verheilen können, was hier durch das fortwährende Weiterfressen der Gallenbildung verhindert wird, so lange die Läuse in den Krebsgeschwülsten bleiben; es muss daher an den Wundstellen früher oder später Wundfäule (pag. 402) eintreten.

Einen ganz ähnlichen Krebs bringt nach R. HARTIG¹⁾ die Buchenbaumlaus (*Lachnus exsiccator*) an den Stämmen und Zweigen der Buchen hervor.

2. Wurzelgallen des Weinstockes durch die Reblaus (*Phylloxera vastatrix*, PLANCH.). Dieses seit 1865 die Rebenpflanzungen in Frankreich verwüstende Insekt veranlasst wegen der Gallenbildungen, die es an den Wurzeln erzeugt, den Tod der befallenen Weinstöcke. Die an den Wurzeln lebenden Thiere sind ungeflügelte Weibchen, 0,8 Millim. lang, 0,5 Millim. breit, mandelförmig, goldgelb, und sitzen an den Wurzeln fest, mit in die Rinde eingesenktem Saugrüssel. Sie häuten sich und legen, sobald sie ausgewachsen sind, 30—40 gelbe Eier, aus denen in spätestens 8 Tagen die Jungen ausschlüpfen, welche sich ebenfalls an den Wurzeln festsaugen und nach etwa 20 Tagen wieder ohne Begattung Eier legen. So können parthenogenetisch in einem Sommer 6 bis 8 Generationen entstehen. Nach CORNU²⁾ sind folgende Veränderungen an den befallenen Wurzeln zu beobachten. An dickeren Wurzeln entsteht höchstens eine Wucherung des Periderms an den Punkten, wo die Laus sich zwischen den Spalten der Rinde festgesetzt hat; an dünneren Wurzeln tritt eine Hypertrophie der Rinde und selbst des Cambiums ein, wenn der Stich bis in diese Gegend reicht, und es bildet sich ein Höcker, auf welchem das Thier sitzt. Dabei werden die vom Cambium gebildeten Elemente des Holzkörpers nicht verdickt und verholzen nicht. Wenn aber die dünnsten jungen Wurzeln, die noch im Längenwachsthum begriffen sind, befallen werden, so setzt sich die Laus nahe der Wurzel spitze fest und bringt hier knotenartige Anschwellungen hervor, die man Nodositäten genannt hat. Die Bildung derselben beruht auf einer Hypertrophie der Rindenschicht, durch welche nur die relative Dicke der einzelnen Gewebe, nicht der Grundplan des Baues des Würzelchens verändert wird. Die Zellen der Rindenschicht werden durch Theilung vermehrt, unter Ablagerung von Stärkemehl. Dabei zeigt sich das Wachsthum an der unmittelbar unter dem Insekt liegenden Stelle etwas gehemmt, indem die Zellen hier kleiner bleiben, als seitlich und an der gegenüberliegenden Seite; die Anschwellung hat also eine leichte Depression,

¹⁾ Sitzungsber. d. Naturforscher-Versamml. z. München 1877.

²⁾ Compt. rend. LXXXI (1875), pag. 737 und 950.

in welcher die Laus angesaugt ist. Die Hypertrophie erstreckt sich auch bis auf den Centralcylinder des Würzelchens; die Schutzscheide verliert ihren Charakter, sie verdoppelt ebenfalls ihre Zellen, und die Elemente der Fibrovasalbündel erweitern sich, die Gefäße werden unkenntlich. In diesem Stadium werden die Würzelchen durch die Gallen noch nicht beschädigt; letztere sind sogar fähig wie normale Wurzeln neue gesunde Seitenwürzelchen zu treiben an der der Depression gegenüberliegenden Seite, oder es kann auch, wenn die Nodosität nicht genau terminal an der Wurzelspitze steht, letztere neben ihr sich weiter verlängern. Im ersten Sommer giebt daher der reblauskranken Weinstock in seinen oberirdischen Theilen durch kein äusserliches Merkmal die Krankheit zu erkennen. Erst im August, und zwar früher oder später je nach der von klimatischen Verhältnissen abhängigen Gesamtentwicklung des Weinstockes, erlangen die Nodositäten ihre dem Leben der Pflanze schädliche Bedeutung dadurch, dass sie absterben. In diese Periode fällt nämlich an jedem normalen Würzelchen derjenige Prozess, welcher den Uebergang in der Weiterentwicklung desselben zur stärkeren Wurzel bezeichnet: die Bildung des sich abblätternden Periderms. Zwischen der Rindeschicht und dem Centralcylinder, und zwar aus der äussersten Zellschicht des letzteren, unterhalb der Schutzscheide, entsteht ein neuer Korkring, durch den das ganze ausserhalb liegende Gewebe zum Absterben gebracht und abgestossen wird. An den Anschwellungen, wo die Schutzschicht und das darunter liegende Gewebe entartet ist, unterbleibt dieser Prozess, und da somit der Schutz für die inneren Theile fehlt, setzt sich das Absterben der äusseren Gewebepartien bis in den Centralcylinder fort. Das Gewebe der Anschwellungen wird, unter dem Einfluss der Trockenheit des Hocksommers, welk, braun und todt. Die Folge ist, dass alle mit Nodositäten behafteten Würzelchen zu Grunde gehen. Dieser Verlust der eigentlich aufsaugenden Wurzelorgane ist der Grund, warum das Absterben sich weiter auch auf die stärkeren Wurzeln fortsetzt; das Gewebe derselben wird braun, faulig weich und lässt sich leicht bis auf den Holzkörper ablösen. Endlich ist die ganze Wurzel zerstört, und der Stock stirbt unter Austrocknen ab, worüber je nach der Heftigkeit des Auftretens verschieden lange Zeit vergehen kann. Vor dem völligen Absterben des Stockes verlassen ihn die Läuse und wandern auf die Wurzeln der nächstbenachbarten. Die Krankheit verbreitet sich daher von einem Centrum aus weiter.

Ueber die Lebensweise der Phylloxera wissen wir gegenwärtig Folgendes.¹⁾ An den Wurzeln der befallenen Stöcke überwintern die Läuse. Unter den letzten Bruten im Sommer zeigen sich Nymphen oder Puppen mit Flügelansätzen, welche die Erde verlassen, nach mehreren Häutungen Flügel bekommen und sich nun weit verbreiten können. Sie legen an die oberirdischen Theile des Weinstockes einige Eier, welche Geschlechtsdifferenz haben: aus den grösseren kommen Weibchen, aus den kleineren Männchen. Nach der Begattung legt jedes Weibchen ein einziges grosses Winterei in die Zwischenräume der Rinde. Den Eiern entschlüpfen im Frühlinge ungeflügelte Läuse, welche sich nun parthenogenetisch viele Generationen hindurch vermehren. Sicher ist, dass die aus Wintereiern kommenden Läuse in manchen Fällen, und zwar vorwiegend an amerikanischen Rebsorten, weit seltener an den französischen, an den Blättern

¹⁾ Vergl. CORNU, Compt. rend. T. LXXVII. pag. 191, LICHTENSTEIN, Compt. rend. T. LXXXII No. 20 u. LXXXIII No. 5, sowie BOITEAU, Compt. rend. T. LXXXII, No. 2, 20, 22, LXXXIII, No. 2, 7, 19 und LXXXIV, No. 24.

des Weinstockes Gallen erzeugen, welche oben (pag. 546) beschrieben worden sind. Die Läuse späterer Generationen wenden sich dann von den Blattgallen nach den Wurzeln, um dort Gallen zu erzeugen. Die amerikanischen Rebsorten sind dafür viel widerstandsfähiger gegen die Wurzelkrankheit als die europäischen.

Der Umstand, dass ein und dasselbe Insekt zweierlei morphologisch sehr verschiedene Gallen, wie hier an den Wurzeln und an den Blättern erzeugt, verliert einigermaßen sein Befremdendes, wenn man bedenkt, dass es sich auch um zwei morphologisch verschiedene Pflanzenorgane handelt, an denen diese Gallen sich bilden, und dass an einer Wurzel der eigenthümliche Wachstumsprozess der Ausstülpung einer Blattfläche unmöglich ist. Ein fast genau gleiches Beispiel von Gallendimorphismus fand ich an Zweigen von *Prunus Padus*, deren Blätter überreich mit den Beutelgallen von *Phytoptus* besetzt waren, und wo die Milben auch an den Blattstielen und an den Zweigen Gallen erzeugt hatten. Diese waren aber durch Hypertrophie der Rinde entstandene, auf der Oberfläche sitzende, warzenförmige Auswüchse mit kraterförmiger, von einem wallartigen, filzig behaarten Rande umgebener Vertiefung, ähnlich einem kleinen *Peziza*-Becher. Die Milben befanden sich in der Kratertiefe.

3. Gallenbildungen an Gramineenhalmen durch Dipterenlarven, welche zwischen der Blattscheide und dem Internodium leben. Der Getreideverwüster oder die Hessenfliege (*Cecidomyia destructor*, SAY), deren Larven am Weizen, Roggen etc. die eben bezeichneten Stellen bewohnt, bringt keine Gallenbildung hervor, sondern bewirkt durch ihren Frass am Halme an jungen Wintersaaten eine Zerstörung der Triebe, an schon gestreckten Halmen ein Umknicken derselben. Dagegen sehen wir, dass wenn die Larven der bandfüssigen Halmfliege (*Chlorops taeniopus*) das obere Halmglied des Weizens innerhalb der letzten Scheide befallen, dasselbe verkürzt bleibt, meist unter Verdickung und Verkrüppelung und die Aehre nicht aus der obersten Scheide zu heben vermag. Dabei macht die Larve Frassgänge im grünen Rindeparenchym, dessen Zellen am Wundrande *Erineum*-artig auswachsen.¹⁾ Endlich wird durch die Larve von *Hormomyia Poae*, Bosc., an *Poa nemorosa* eine sehr eigenthümliche Galle erzeugt. Dieselbe befindet sich oberhalb eines Halmknotens und besteht aus einer Menge um den Halm gewickelter, hellbrauner, haarartiger Fäden. Die Larve sitzt oberhalb des Knotens zwischen Halm und Blattscheide; an dieser Stelle treten ringsum, mit Ausnahme der von der Larve berührten Seite, fadenförmige Auswüchse aus dem Halme, welche die Blattscheide durchbrechen und nach beiden Seiten sich um den Halm herumlegen. Mit Adventivwurzeln stimmen sie darin überein, dass sie einen von Parenchym umgebenen centralen Fibrovasalstrang haben, weichen aber von ihnen dadurch ab, dass in letzterem keine Gefäße vorhanden sind, und dass sie oberhalb des Knotens stehen.²⁾

VII. Auf Gewebewucherungen beruhende Gallen mit innerlich lebenden Parasiten.

Bei allen bisher besprochenen Gallen finden wir den Parasiten, der dieselben verursacht, an der Oberfläche der Pflanzenorgane, er dringt nicht in das Gewebe derselben ein, sondern die sich entwickelnde Galle gewährt ihm durch die Gestalt ihrer Theile, durch Epidermoidalbildung u. dergl. einen geeigneten Schutz.

¹⁾ Vergl. COHN, Sitzungsber. d. schles. Gesellsch. f. vaterl. Cultur, 12. Januar 1865.

²⁾ Vergl. PRILLIEUX, Ann. sc. nat. 3. sér. T. XX. pag. 191.

Es sind nun noch diejenigen Gallen übrig, bei welchen der Parasit in das Gewebe des Pflanzenteiles eindringt und hier in seiner Umgebung eine Gewebewucherung veranlasst, die sich als Galle darstellt. Erzeuger derartiger Cecidien sind theils Anguillulen, theils Gallmilben, theils Dipteren, theils Käfer und vorzüglich Hymenopteren (Gallwespen). Morphologisch sind diese Gallen von verschiedener Art. Sie müssen unterschieden werden theils nach den Pflanzenteilen, an denen sie entstehen, theils nach den Geweben, aus denen sie hervorgehen, theils nach der Art der Veränderung, welche dabei die Gewebe erleiden und welche die Beschaffenheit der Galle bedingt.

I. Gallen an Wurzeln.

1. Die Larve des Kohlgallenrüsselkäfers (*Ceuthorhynchus sulcicollis*, GYLLENH.), lebt in Gallen am Wurzelhalse der Arten von *Brassica*, wie Raps, Rübsen, Kohl, Blumenkohl, Steckrüben, sowie der Arten von *Raphanus*. Die Gallen bilden ungefähr halbkugelige Beulen, welche den Durchmesser des Wurzelhalses erreichen oder übertreffen können, bei den rübenbildenden Arten eine schiefe, einseitig verdickte Form der Rübe bedingen und einzeln oder in Mehrzahl an einer Pflanze zusammen vorkommen. Sie entstehen durch eine Hypertrophie der Wurzelrinde. Der Käfer bohrt dieselbe mit seinem Rüssel nahe unter der Wurzelblattrosette an und schiebt dann ein Ei in das Gewebe. In der Folge, jedoch wie es mir geschienen hat, nicht eher, als bis die Larve aus dem Ei sich entwickelt hat, tritt eine lebhafte Zelltheilung in dem parenchymatischen Gewebe ringsum den Parasiten ein, wodurch eine Verdickung dieser Stelle der Wurzel bewirkt wird, welche immer mehr zunimmt. Jede Galle ist ganz aus vermehrtem Rindeparenchym gebildet und enthält im Centrum eine einzige Larvenkammer, einen runden, von der Larve eingenommenen Hohlraum. Das gesammte Parenchym der Galle zeigt Zelltheilungen in allen Richtungen; und dieser Prozess erstreckt sich daher auch bis in das Cambium. Die Folge ist, dass auch der Holzcylinder an dieser Stelle einseitig merklich stärker in die Dicke wächst, ohne dass sonst in seiner Structur eine Abnormalität zu bemerken wäre (Fig. 41 C). Rings um die Larvenkammer ist die Zelltheilung des Rindeparenchyms am lebhaftesten; es liegt hier eine Zone kleinzelligen meristatischen Parenchyms. Dadurch wird der Gewebeverlust, den die von innen her fressende Larve bewirkt, zum Theil wieder ersetzt; späterhin überholt aber das grösser werdende Thier diesen Prozess, es frisst die Galle ziemlich ganz hohl und bahnt sich endlich einen lochförmigen Ausgang, durch welchen es die Pflanze verlässt, um sich in der Erde zu verpuppen. Dies geschieht ungefähr zur Zeit, wo die

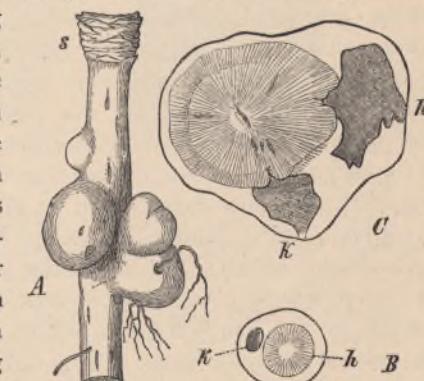


Fig. 41. (B. 129.)

Wurzgallen des Kohlgallenrüsselkäfers (*Ceuthorhynchus sulcicollis*) am Wurzelhals des Raps. A eine mit Gallen besetzte Stelle; s Basis des Stengels mit den Narben der Wurzelblätter. B Durchschnitt durch den Wurzelhals einer jungen Rapspflanze mit dem Anfang der Gallenbildung, die sich als Anscherzung der Rinde um die Höhle k darstellt, in welche das Ei gelegt worden ist. C Durchschnitt durch einen erwachsenen Rapsstengel mit zwei jetzt ziemlich hohl gefressenen Gallen kk, unter denen auch eine Hypertrophie des Holzkörpers durch stärkeres Dickewachsthum deutlich ist. Wenig vergrössert.

Pflanzen geerntet werden, und zwar kurz vorher oder erst nachher an den stehen gebliebenen Strünken. Die Entwicklungszeiten der Thiere sind verschiedene; diejenigen, deren Eier in den Winterraps gelegt worden sind, überwintern in diesem als Larve; die in die Sommerfrucht gelegten Eier entwickeln sich in demselben Sommer.

2. Das Wurzelälchen (*Anguillula radicicola*, GREEF) erzeugt ähnliche, aber viel kleinere gallenartige Anschwellungen von Knöllchenform an den dünnern Wurzelzweigen verschiedener Pflanzen, nämlich von Gräsern, wie *Poa annua*, *Triticum repens* etc. und von Crassulaceen, wie *Sedum*- und *Sempervivum*-Arten. Dieselben sind ebenfalls Hypertrophieen des Rindeparenchys, von 0,3 bis 10 Millim. Durchmesser, je nach der Anzahl der zu einem Complex vereinigten Einzelgallen, deren jede zahllose Anguillulen enthält. Letztere durchlaufen darin ihre Entwicklung bis zur Geschlechtsreife und wandern zuletzt aus, wahrscheinlich, um die Eier in andere Wurzeln zu legen.¹⁾ — Hierher gehört auch die neuerlich bekannt gewordene *Anguillula*-Art, welche nach JOBERT²⁾ an den Wurzeln des Kaffeebaumes in Brasilien Gallen hervorbringt und dadurch ein rapides Absterben der Bäume veranlasst. Die unregelmässigen, etwa hanfkorngrossen Nodositäten stehen an den feineren Wurzelchen bald seitlich, bald in der Achse derselben, bald terminal; sie enthalten eine Höhlung mit 50 bis 60 Eiern in den jüngsten Entwicklungszuständen, mit eingerollten $\frac{1}{4}$ Millim. langen Aelchen in älteren Stadien. Sie öffnen sich später nach aussen, und diese Verwundungen sind die Ursache des Absterbens der Wurzelchen; das Gewebe wird bis auf die Fibrovasalstränge zerstört, indem die Höhlung bis in die Mitte des Wurzelchens geht, wobei sich allerhand saprophyte Pilze einfinden. Die Wurzelchen gehen dadurch zu Grunde; das Absterben setzt sich dann auf die älteren Wurzeln bis zur Pfahlwurzel fort. Die Rinde des Stammes ist nicht abnorm, aber das junge Holz zeigt besonders an der Aussenseite und um die Gefäße rostfarbene Flecken. Der anfangs gesunde Baum erscheint schon am nächsten Tage gelb, die Blätter welk, und nach mehreren Tagen ist er entblättert und abgestorben. Es werden besonders 7- bis 10jährige Bäumchen befallen, namentlich an Flussrändern und in feuchten Thälern. Die Krankheit greift centrifugal um sich, offenbar wegen der Verbreitung der Anguillulen, denn die Erde in der Umgebung der zerstörten Wurzeln ist mit den Würmchen erfüllt. Nach Eintrocknung sind dieselben nicht wie andere Arten (s. unten Weizenälchen) wieder belebungsfähig, wodurch die Immunität der Kaffeebäume in trockenem Boden erklärlich scheint.

II. Gallen an Stengeln

Hier treten sehr mannigfaltige Bildungen auf, je nachdem es sich handelt um erwachsene Zweige von Holzpflanzen, wo die Galle hauptsächlich durch die Thätigkeit der Cambiumschicht hervorgebracht wird, oder um die Knospen von Holzpflanzen oder um krautartige Stengel, und auch in jedem dieser Fälle kann das definitive Produkt wieder verschieden sein.

1. Gallen an holzigen Zweigen. Für die verschiedenartigen Bildungen dieser Art mögen folgende Beispiele dienen.

Am meisten von den anderen abweichend sind die Gallen, welche die Weiden-

¹⁾ Vergl. GREEF, Verhandl. des naturhist. Ver. d. Preuss. Rheinlande 1864 und Ber. d. Marburger Ges. z. Beförd. d. Naturwiss. 1872, pag. 169, sowie LICOPOLI, *Sopra alcuni tubercoli* etc. referirt in Just. bot. Jahress. für 1876, pag. 1235.

²⁾ Compt. rend. 9. Dec. 1878.

holzgallmücke (*Cecidomyia saliciperda*, DUF.) an den Stämmen und Ästen der Weidenarten, besonders der *Salix fragilis* hervorbringt. Statt wie die meisten Gallmücken scharf abgegrenzte Gallen zu verursachen, befallt diese zu Tausenden die Zweige auf grösseren Strecken, bis zur Länge von 2,5 bis 5 Centim., bald einseitig, bald im ganzen Umfange, und bewirkt in der nämlichen Ausdehnung eine sehr eigenthümliche Hypertrophie des Holzes, die mit einer mässigen Anschwellung des Zweiges verbunden ist, und worauf stets ein Absterben, Aufbrechen und Abfallen der Rinde folgt. Diese hängt in langen Fetzen an den Zweigen oder bröckelt in kleineren Parthien ab, bleibt auch wol stellenweise dem Holze angetrocknet stehen und zeigt dann die zahlreichen Fluglöcher der ausgeschwärmteten Mücken. Das entblöste Holz hat eine Menge dicht aneinander stehender Löcher, durch die es netzförmig erscheint. Dieselben sind 1—2 Millim. im Lichten, hohl oder mit mürber, schwarzer, desorganisirter Gewebemasse erfüllt oder wenigstens ausgekleidet. Sie correspondiren mit den Löchern der etwa vorhandenen Rinde und stellen die verlassenen Larvenkammern dar (Fig. 42 A). Das zwischen den Löchern stehende gebliebene Holz zeigt einen den Löchern ausweichenden gewundenen Verlauf der Holzfasern;

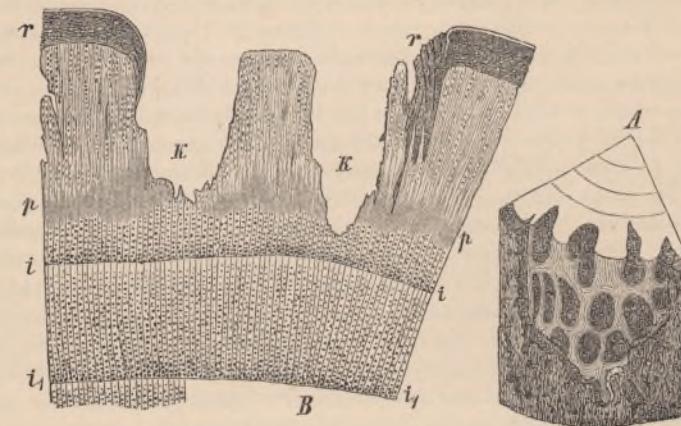


Fig. 42. (B. 130.)

Gallenbildung durch die Weidenholzgallmücke (*Cecidomyia saliciperda*). A Stück eines befallenen mehrjährigen Astes von *Salix fragilis*. Die Rinde ist zum Theil entfernt um die Larvenkammern im Holze zu zeigen. In der stehen gebliebenen Rinde sind die runden Fluglöcher des Insektes zu erkennen. B Querschnitt durch eine solche Stelle. kk die Larvenkammern, entstanden durch die Bildung dicker Holzwülste zwischen denselben, auf denen bei r und r noch die Rinde sich befindet. pp die Holzregion, welche zur Zeit des Mückenfallens gebildet wurde und aus abnormem Holzparenchym besteht. Der zwischen p und i liegende Theil ist das normale Frühjahrsholz, welches vor dem Mückenfall schon gebildet war. Zwischen i und i₁ der normale Jahresring des Vorjahres. Schwach vergrössert.

es ist meist abgestorben, bräunlich bis schwarzgrau. Die Eier werden im Sommer abgelegt, wahrscheinlich mittelst der Legeröhre unter das Periderm geschoben; die auskommenden Larven fressen sich nun einen Raum bis nach der Cambiumschicht hin und rufen dadurch einen Reiz in der letzteren hervor, der zu abnormer Thätigkeit derselben Veranlassung giebt. RATZEBURG¹⁾ bezeichnet schon mit Recht die die Larvenhöhlen trennenden netzförmigen Holzleisten als Wucherungen, welche über die zwischen ihnen befindlichen Larven emporgewachsen sind; das geht aus der Windung ihrer Holzfasern auf der Tangentialfläche hervor, welche wie bei der Maserbildung den Unterbrechungen ausweichen. Im Uebrigen ist die Art der Holzbildung von RATZEBURG nicht korrekt geschildert worden. Auf die Jahresringgrenze des Vorjahres (Fig. 42 B) folgt zunächst eine intakte mehr oder minder breite Frühjahrszone von der normalen, durch zahlreiche Gefäße porösen Beschaffenheit; es ist der vor dem Mückenfall im Frühjahr gebildete Theil. Dann folgt ohne Ringabgrenzung die meist sehr breite Region, in welcher

¹⁾ Waldverderbniss. II. pag. 320 ff.

die Larvenkammern liegen. In der Tiefe der letzteren sieht man die Holzbildung, nachdem einige Unordnung in die Form und Anordnung der Holzelemente gekommen ist, unmittelbar sichtbar, während sie in den Wucherungen sich fortsetzt. In derjenigen Region, welche mit dem Grunde der Larvenkammern auf gleichem Bogen liegt, also in derjenigen Zeit gebildet wurde, als die Larven die Cambiumschicht zu afficiren begannen, ist eine abnorme Holzbildung eingetreten: das Holz besteht hier mehr oder minder ausschliesslich aus relativ grossen, unregelmässig gestalteten und ganz regellos liegenden Holzparenchymzellen mit brauner Inhaltsmasse und gelben oder bräunlichen Membranen. Die Gefässe der unmittelbar vorangehenden normalen Region des Holzes zeigen sich oft mit Thyllen erfüllt. Sehr bald kehrt aber in den Wucherungen die Holzbildung insofern zur Norm zurück, als wieder regelmässige radiale Reihen von Holzfasern mit weiten Gefässen und Markstrahlen gebildet werden, nur sind die Holzelemente etwas dünnwandiger, die Markstrahlen etwas zahlreicher und breiter, oft mehrreihig. An den Rändern der Wucherungen aber, welche die Seitenwände der Larvenkammern bilden, bemerkt man, soweit es nicht durch den Frass der Larve vernichtet ist, ziemlich grosszelliges Holzparenchym. Auch zieht sich häufig die Cambiumschicht, die ja eigentlich nur im Grunde der Larvenhöhlen zerstört wird, von dem Rücken der Holzwucherungen aus mehr oder weniger weit an den Wänden der Larvenkammern einwärts und bekleidet dieselben hier mit einer dünnen Rindeschicht, die später ebenso wie die oberflächlich liegende Rinde abstirbt und sich bräunt oder schwärzt. Die Verpuppung der Larven geschieht in den Zweigen, von wo aus später die Mücken ihren Flug beginnen. Diejenigen Zweige, welche ringsum ergriffen sind, werden mit dem Absterben der Rinde der Gallenstellen dürr. Sie schlagen dann wohl unterhalb der kranken Stelle wieder aus, wenn die Zweigdürre nicht den ganzen Zweig bis zu seiner Basis ergreift. Die einseitig befallenen erhalten sich am Leben, und es beginnt von den Wundrändern aus die Ueberwallung, welche, wenn kein neuer Angriff erfolgt, auch die Ausheilung bewirken kann.

Häufiger ist diejenige Form der Gallen holziger Zweige, für die als Beispiel die harten holzigen Geschwülste gelten können, welche *Lasioptera Rubi*, HEGG., an der Seite der Stengel verschiedener *Rubus*-Arten erzeugt. Die Grösse derselben richtet sich nach der Zahl der in ihnen lebenden Larven und erreicht bis 2 Centim. Durchmesser. Aus dem anatomischen Baue ergibt sich, dass die Infection schon am ganz jungen Stengel stattfindet. Es entsteht eine Hypertrophie der Cambium- und inneren Rindeschicht, in Folge deren kein normaler Holzkörper, sondern eine unregelmässig von verholzten Gewebepartien durchsetzte Parenchymwucherung erzeugt wird. Die Holzstränge bestehen theils aus kurzen, parenchymatischen, theils aus mehr gestreckten getüpfelten Zellen, bisweilen auch aus einzelnen Gefässen und haben in dem Wucherparenchym alle möglichen Richtungen. Ebenso ungleich sind auch die Richtungen, in denen die Zelltheilungen des dünnwandigen Parenchyms erfolgen, so dass die reihenförmige Anordnung der Zellen desselben vielfach von der radialen Richtung abweicht. Wegen dieser verschiedenen Wachstumsrichtungen wird auch die Oberfläche der Beulen eine unregelmässig höckerige. Aeußerlich grenzt sich das Gewebe durch Korkzellschichten ab. Anfangs findet man in den Wucherungen die Larven in zerstreuten, isolirten Lücken oder Gängen, um welche sich oft die Zelltheilungen radial zur Achse des Frassganges orientiren. Später zerstören die Thiere den grössten Theil des Galleninneren, bis auf die verholzten Complexe. Die peripherischen Theile der Galle werden verschont, in ihnen kann das Wachsthum und die Verholzung fortschreiten, wodurch die Galle grössere Festigkeit erhält. Die Larven verwandeln sich in derselben.

2. Gallen krautartiger Stengel. Die meisten Gallen dieser Art entstehen dadurch, dass der Stengel in einer gewissen Strecke kürzer als normal bleibt, aber durch starkes peripherisches Wachsthum gleichsam aufgeblasen wird und eine centrale Höhlung oder deren mehrere bekommt, in welcher die Parasiten sich befinden. Hat der Stengel daselbst Blätter, so stehen diese daher auch rings um die Galle herum. Letztere kann an der Spitze des Stengels oder am Grunde desselben oder in seiner Mitte liegen, oder an der Seite des Stengels stehende blattachselständige Zweige können in dieser Weise deformirt sein.

Die Dipteren-Stengelgallen enthalten gewöhnlich nur eine einzige Larvenkammer, als centrale, die Stelle des Markes einnehmende Höhlung mit einer einzigen Larve. So wandeln

sich z. B. die von *Asphondylia Genistae*, H. Lw., befallenen Seitenzweiglein von *Genista germanica*, welche normal zu einem Blüthenspross sich entwickeln, in einen 6—7 Millim. langen, bis 4 Millim. breiten, behaarten, sackförmigen Körper um, welcher die Larve, beziehendlich Puppe, in einer einfachen geräumigen Höhle enthält, in deren Wand die Gefässbündel gegen die Spitze der Galle aufsteigen (Fig. 43). Der Stiel der Galle ist die unverdickte, mit Blättern bekleidete Basis des Zweigleins; auch in der unteren Hälfte der Galle stehen noch Blätter; der ganze obere Theil ist blattlos. — Hierher gehört auch eine Galle an *Selaginella pentagona*, welche metamorphosirte, an der Seite der Stengel stehende, spindelförmige Zweiglein darstellt, welche die Blätter in alternirenden dreizähligen Quirlen tragen und mit dreiseitiger Scheitelzelle wachsen.¹⁾

Die Stengelgallen der Cynipiden, z. B. die fast kugelrunden, bis 1,5 Centim. dicken von *Hieracium*, haben dagegen einen anderen Bau, insofern sie vielkammerig sind. Das Insekt legt an einer und derselben Stelle des Stengels, gewöhnlich rings herum, zahlreiche Eier in das Gewebe, jedes an einen anderen Ort und sticht daher ebensoviel Male den Pflanzenteil an. Um jede Larve entwickelt sich eine Kammer, während der Stengel mehr oder weniger kugelförmig anschwillt, in Folge einer allseitigen Vergrösserung des Grundparenchyms, besonders des Markes, in welchem die Fibrovasalstränge zerstreut und vielfach verschoben zu erkennen sind. Das Parenchym ähnelt dem Hollundermark; es besteht aus grossen, getüpfelten, lufthaltigen Zellen. Rings um jede Larvenkammer behält das Gewebe längere Zeit eine meristematische Beschaffenheit: aus ihm entsteht eine die Höhle ringsum abgrenzende, harte, holzige Wand, bestehend aus einer dicken Schicht von sclerenchymatischen, dickwandigen, verholzten, punktierten Zellen, an welche von aussen Gefässbündel herantreten. Das innerhalb der holzigen Kammerwand liegende zartere Gewebe wird allmählich von der Larve verzehrt, letztere verpuppt sich schliesslich in der dann fast glattwandigen Höhlung. Jede der fertigen Wespen nagt zuletzt ein rundes Flugloch nach aussen.

Von gallenbildenden Aelchen würde endlich hierher gehören die *Anguillula devastatrix*, KÜHN. Dieser auf verschiedenen Pflanzenarten gedeihende Parasit verursacht erstens die Wurmkrankheit des Roggens und anderer Halmfrüchte, die in manchen Gegenden Deutschlands häufig ist und den Namen Stock, Knoten oder Kropf führt. Die Aelchen leben hier, wie zuerst KARMRODT²⁾ und genauer KÜHN³⁾ gezeigt haben, in den Internodien des jungen Halmes und in der Basis der Blattscheiden. Die Folge ist, dass an den Roggenpflanzen Ausgang Winters die ersten Blätter gelb werden, dann lauter schmal linealische, kürzere Blätter sich entwickeln, welche dicht bei einander stehen, indem der Halm kurz, stockig bleibt; die Internodien sind verkürzt, die Blattbasen breiter als gewöhnlich. In dem Parenchym zwischen den Gefässbündeln liegen Eier, Larven und geschlechtsreife Anguillulen oft reihenweise. Gewöhnlich treibt die Pflanze keinen Halm, der Stock wird gelb und stirbt bald ganz ab. Doch kommen auch bisweilen die Halme zur Entwicklung und bringen Aehren; dabei bleiben sie entweder sehr kurz oder können vollkommene Halmlänge erreichen. Die Aelchen finden sich dann im Halm und selbst in der Aehrenspindel. KÜHN (l. c.) hat gezeigt, dass mit diesem Aelchen das Kardenälchen (*Anguillula Dipsaci*, KÜHN), identisch ist. Dieses bewohnt das Zellgewebe im Innern der Kardenköpfe, sowie die Fruchtknoten und den Grund der Haarkrone derselben und ist die Ursache der Kernfäule der Kardenköpfe, wobei das Zellgewebe derselben sich bräunt

¹⁾ Vergl. STRASSBURGER in Bot. Zeitg. 1873, pag. 105.

²⁾ Zeitschr. des landw. Ver. f. Rheinpreussen 1867, pag. 251.

³⁾ Zeitschr. des landw. Centralver. d. Prov. Sachsen 1867, pag. 99 und Sitzungsber. d. naturf. Gesellsch. Halle 1868, pag. 19.

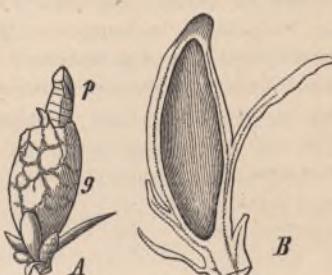


Fig. 43. (B. 181.)

Stengelgalle der *Asphondylia Genistae*, H. Lw., in *Genista germanica*. A ein Seitenzweiglein, die Achse zur Galle g angeschwollen, am Grunde noch mit den ersten Blättern des Zweigleins besetzt, an der Spitze von der Puppe p durchbrochen. B Längsschnitt durch die Galle, die Höhle erscheint als das ausgeweitete Mark der Achse. Wenig vergr.

und vertrocknet, die Fruchtknoten zu verkümmerten Körnern mit fast doppelt so grosser Haarkrone als gewöhnlich sich entwickeln. Jenen Beweis hat KÜHN dadurch erbracht, dass er Stücke kernfauler Kardenköpfe mit Roggen aussäete und dadurch an den Roggenpflanzen den Stock entstehen sah, während nicht in dieser Weise behandelter Roggen gesund bleibt. Es ist nicht unwahrscheinlich, dass diese *Anguillula* auch noch andere Nährpflanzen hat. Die grosse Lebensfähigkeit (KÜHN beobachtete Wiederbelebung der Aelchen nach 2 jährigem Eingetrocknetsein), die Kleinheit und ungeheure Menge dieser Thiere erklären die constatirte grosse Ansteckungsfähigkeit der Stockkrankheit, welche durch Erde von erkrankten Feldern, durch die Hufe der Thiere und das Schuhwerk der Menschen verbreitet werden kann.

3. Knospengallen. Diese schliessen sich insofern an die Stengelgallen an, als es das Achsenorgan der Knospe ist, welches sich vergrössert und die Larvenkammern enthält. Doch treten wieder verschiedene morphologische Typen auf, für welche zwei Eichen-Cynipidengallen als Beispiel dienen mögen, die von *Cynips terminalis* und die von *Cynips foecundatrix*.



(B. 132.)

Fig. 44.

Artichokenförmige Knospengalle von *Cynips foecundatrix* auf *Quercus pedunculata*. A Durchschnitt durch eine Galle, zeigt von den vergrösserten Schuppen umgeben die eigentliche Innengalle mit der Larvenkammer unter dem Scheitel. B Durchschnitt durch eine reife Innengalle, schwach vergrössert. C aufeinander folgende Formen der Schuppenblätter der Galle, a-f von aussen nach innen.

Grösse ausgebildet, und zwar kommt deren eine ungewöhnlich grosse Zahl zur Entwicklung. Die Achse der Knospe nimmt nämlich mehr eine napfförmige, an die Eichelcupula erinnernde Form an. Die

Mitte, in welcher sich die eigentliche Galle befindet, ist etwas wallartig von der in die Breite entwickelten Achse umgeben, und dieser ganze Achsenwall ist mit dichtstehenden Schuppenblättern besetzt (Fig. 44 A). Letztere sind ziemlich dicht behaart; die äusseren haben breit eirunde Form, die dann folgenden sind immer länger und schmäler; die nach einwärts folgenden nehmen noch mehr an Breite, aber auch an Länge ab (Fig. 44 C). Die eigentliche Galle ist der verandelte Vegetationskegel. Das Ei wird in diesen Kegel gelegt. Ueber dieser Stelle hört der Vegetationspunkt auf thätig zu sein, seine Zellen werden zu Dauerzellen, indem sie sich vergrössern und stark verdickte, gebräunte Membranen bekommen. Dagegen bleibt der von unten an die Stelle der Eiablage angrenzende Theil meristematisch, durch seine Zelltheilungen wird allmäthlich die Larvenkammer erweitert und abgerundet und der sie enthaltende Theil des Vegetationskegels zu einem etwas cylindrischen, eichelförmigen Körper verlängert, welcher nur im oberen Theile die Larvenkammer enthält, im übrigen massiv ist und aus einem weiten, parenchymatischen Mark und einer grünen Rinde besteht, beide von aufsteigenden Fibrovasalsträngen geschieden und eine Zeit lang in ihren Zelltheilungen fortlaufend, wodurch die Galle sich vergrössert. Trotz des starken Wachstums sind Blattbildungen an diesem Vegetationskegel nicht entstanden. Diese beginnen erst unterhalb der eigentlichen Galle und zwar führt diese Region noch lange in der Erzeugung neuer Blattanlagen fort, wenn jene schon ansehnliche Grösse erreicht hat. Nun erfährt die Galle ihre letzte Veränderung: bisher cylindrisch mit kegelförmigem Scheitel bekommt sie in der Höhe, wo das meristematische Gewebe an das Dauergewebe des Scheitels angrenzt, in einer ringförmigen Zone eine wallartige Wucherung des grünen Rindengewebes, welche sich immer weiter erhebt und endlich den spitzen Vegetationskegel überwallt, so dass die Galle zuletzt am Scheitel einen kleinen Krater hat, welcher von dem Vegetationskegel fast ausgefüllt ist. In den Rindenwall setzen sich die Fibrovasalstränge fort. Inzwischen hat die entwickelte Larve den grössten Theil des Markes der Galle ausgefressen; das ganze übrige Parenchym des Markes und der Rinde bräunt sich und verholzt. Die reife Galle fällt leicht zwischen den Schuppen heraus.

III. Gallen an Blättern.

Diejenigen Blattgallen, welche dadurch verursacht werden, dass der Parasit in das innere Gewebe des Blattes gelangt, röhren her theils von Anguillulen, theils von Gallmilben, theils von Dipteren, theils von Cynipiden. Hinsichtlich des morphologischen Charakters unterscheiden wir folgende Typen.

1. Verdickung der befallenen Blattstelle in Folge blosser Streckung der übrigens unverändert bleibenden Mesophyllzellen. Dieser Fall liegt vor bei der zuerst durch SCHEUTEN¹⁾ und besonders durch SORAUER²⁾ genauer bekannt gewordenen sogen. Pockenkrankheit der Blätter, welche durch Gallmilben (*Phytoptus*) an verschiedenen Pomaceen, besonders an Birnbäumen verursacht wird. Es bilden sich auf den Blättern verdickte, rundliche Flecken, die anfangs mehr blassgrün, später hell- oder dunkelbraun werden. Die Epidermis der Unterseite ist in Folge des Wachstums des Mesophylls aufgetrieben und zeigt in der Mitte eine Oeffnung mit eingesunkenen, braunen, trockenen Rändern, den Galleneingang. Die Zellen des Mesophylls sind bedeutend verlängert, bei *Sorbus Aucuparia* fast wie Confervensäden, wodurch die schwammige Beschaffenheit des Mesophylls bedingt wird. In den erweiterten Intercellulargängen befinden sich die Milben und deren Eier. Später verlassen die Thiere die dann sich bräunenden Pocken und überwintern in den Knospen, um im Frühlinge wieder die aus den Knospen sich entfaltenden Blätter zu befallen.

2. Verdickung der befallenen Blattstelle durch Uebergang des Gewebes in Meristem. Eine Menge der mannigfaltigsten Gallen auf Blättern,

¹⁾ TROSCHEL's Archiv f. Naturgesch. 23. I, pag. 104.

²⁾ Handbuch der Pflanzenkrankheiten, pag. 169.

zu denen auch diejenigen gehören, welche im engeren Sinne und nach gewöhnlichem Sprachgebrauch als Gallen oder Galläpfel bezeichnet werden, entstehen dadurch, dass das in der Umgebung des in der Blattmasse sich entwickelnden Parasiten gelegene Gewebe in Meristem übergeht, durch dessen Wachsthum die Galle entsteht und durch dessen spätere Differenzirung bestimmte Gewebeformen in der Galle sich ausbilden können. Auf diese durch ihre Entstehung als endogene Neubildungen von allen anderen Gallen der Blätter unterschiedenen Cecidien kann der Ausdruck Galläpfel beschränkt werden (im Gegensatz zu Beutelgallen, Rollen etc.).

a) Aelchengallen. An den Blättern von *Achillea Millefolium* erzeugt eine *Anguillula* knotenartige, härtliche Anschwellungen der Blattsegmente und der Blattspindel. Dieselben entstehen als eine Hypertrophie des Blattparenchyms, wodurch dieses nach beiden Seiten hin ausgeweitet wird und eine Höhlung bekommt, in welcher mehrere Aelchen sich befinden. Das Gewebe ist ein fleischiges, aus vergrösserten, ungefähr runden Zellen bestehendes, mehrschichtiges Parenchym, in welchem auch Fibrovasalstränge verlaufen. Aehnliche Anguillulgallen kennt man an den Blättern von *Leontopodium alpinum*¹⁾, *Falcaria Rivini*²⁾ und an denjenigen von *Agrostis canina* und *Festuca ovina*.³⁾

b) Durch Gallmücken und Gallwespen erzeugte Galläpfel. Ueber den Bau dieser Ceciden sind meist auf Cynipidengallen der Eichen bezügliche Untersuchungen angestellt worden von LACAZE-DUTHIERS⁴⁾ und PRILLIEUX⁵⁾, von Letzterem zugleich unter Berücksichtigung der Entwicklungsgeschichte. Hiernach und nach meinen, sowol an Dipteren-, wie an Cynipidengallen angestellten Entwicklungsgeschichtlichen Untersuchungen besteht der erste Anfang dieser Gallen darin, dass das Mesophyll an der Stelle, wo der Parasit (die aus dem in das Blatt gelegten Ei ausgekommene Larve) sich entwickelt, in ein Meristem übergeht. Die Veranlassung dazu scheint in manchen Fällen, z. B. bei Gallwespen, erst gegeben zu werden, wenn die Larve aus dem abgelegten Ei sich entwickelt hat. In anderen Fällen, z. B. bei den Blattwespen-Gallen an den Weidenblättern, geschieht die Entwicklung der Galle schon während des Eizustandes, die Veranlassung wird also wahrscheinlich schon bei der Eiablage gegeben, in nicht näher bekannter Weise. Durch Wachsthum dieses Meristems entsteht der Gallenkörper, der bald als eine Verdickung der Blattmasse nach beiden Seiten hin vortritt, bald nur an der einen Blattseite hervorwächst, wobei er von der ursprünglichen, zugleich mit sich vergrössernden Epidermis überzogen sein oder auch als ein mit neugebildeter Epidermis bekleideter Körper aus dem Gewebe hervorbrechen kann. Zwischen diesen Typen kommen Uebergänge vor. In dem Bau der Gallenwand kann man hier meist folgende drei Gewebe unterscheiden, in welche sich das ursprüngliche Meristem differenzirt. 1. Die Aussen- schicht, bestehend aus der Epidermis, bisweilen einer darunterliegenden Korkschicht und aus einer mehr oder minder mächtigen Schicht weichwan- diger Parenchymzellen von übrigens sehr mannigfaltiger Beschaffenheit. 2. Die Hartschicht oder Schutzschicht, *couche protectrice*, LACAZE-DUTHIERS', eine aus verholzten, sehr dickwandigen, punktirten Sclerenchymzellen bestehende

¹⁾ A. BRAUN in Sitzungsber. d. Gesellsch. naturf. Freunde, Berlin 16. März 1875.

²⁾ v. FRAUENFELD in Verh. d. zool. bot. Gesellsch., Wien 1872, pag. 396.

³⁾ MAGNUS, Verh. d. bot. Ver. d. Prov. Brandenburg 1875 u. 1876.

⁴⁾ Ann. des sc. nat. 3. sér. T. XIX. pag. 273 ff.

⁵⁾ Ann. des sc. nat. 6. sér. T. III. pag. 113 ff.

Schicht von wechselnder Mächtigkeit. 3. Die Innenschicht oder das Gallen- mark, *couche alimentaire*, LACAZE-DUTHIERS', eine aus zartwandigen, kleinen, mit trübem Protoplasmainhalt erfüllten Parenchymzellen bestehende, mehr oder minder mächtige, die Larvenkammer auskleidende Schicht, welche von der Larve allmählich verzehrt wird, zum Theil wol auch allmählich in Bestandtheile der Schutzschicht sich umwandelt. Die Unterscheidung dieser drei Gewebe ist nicht bloss in anatomischer, sondern vorzüglich auch in physiologischer Beziehung, insofern als die Gallen Ernährungs- und Schutzorgane des in ihnen lebenden Parasiten sind, gerechtfertigt. Die von LACAZE-DUTHIERS ausserdem noch benannten Schichten *couche sous-épidermique*, *couche spongiosa* etc. bezeichnen nur einzelne Zonen der Aussenschicht mit Rücksicht auf die Zellformen, die aber bei den verschiedenen Gallen ausserordentlich mannigfaltig sind. Die Fibrovasalstränge verlaufen meist in der Aussenschicht oder, wo diese sehr dünn und das Mark sehr mächtig ist, in letzterem. In Gallen, welche nur kurze Zeit functioniren (vom Parasiten bald wieder verlassen werden) kann die Schutzschicht ganz fehlen, Aussen- und Innenschicht grenzen aneinander oder sind wegen ihrer ähnlichen Beschaffenheit nicht differenzirt, wie z. B. bei den *Nematus*-Gallen an den Weidenblättern. Diese werden rasch vom Parasiten aufgefressen und dann verlassen.

Die Stelle, durch welche das Insekt in das Blatt eingestochen hat, um das Ei abzulegen, wird meistens bald durch Wachsthum der umgebenden Zellen wieder geschlossen und bleibt an einer gewissen unregelmässigen Form dieser Zellen (*tissu cicatriciel*, PRILLIEUX's), kenntlich (Fig. 46 w). Die Galle der *Cecidomyia fagi* auf der Oberseite der Buchenblätter hat an der Unterseite des Blattes einen konischen Fortsatz, der von einem äusserst feinen Kanal durchbohrt ist, welcher am Scheitel des Fortsatzes als ein Pünktchen endigt und von papillen- oder keulenförmigen Haaren wie mit lockeren Gewebe ausgefüllt ist, die aus den den Kanal bildenden Zellen entspringen.

Vielfach ist eine bestimmte Beziehung der Stellung der Galle zu den Theilen des Blattes zu erkennen, besonders bei denjenigen, welche auf einer Seite des Blattes über die Oberfläche desselben hervortreten und mit relativ schmaler Basis inserirt sind. Die meisten Cynipidengallen der Eichenblätter stehen auf der Unterseite des Blattes; die glatten, eikegelförmigen Gallen der *Cecidomyia fagi* auf der Blattoberseite. Manche sind über die ganze Blattfläche zerstreut ohne bestimmte Beziehung zu den Nerven, wie z. B. die Eichenblattgallen der *Cynips Malpighi*, F. und *Cynips Reaumurii*, HARTIG. Andere sind streng auf die Blattrippen beschränkt; so die häufigen kirschengrossen, kugeligen Gallen der *Cynips quercus folii* und andere ähnliche kleinere Gallen der Eichenblätter; desgleichen die der *Cecidomyia fagi*, HARTIG. Die braunhaarigen, kegelförmigen Gallen der *Hormomyia piligera* auf der Oberseite der Buchenblätter stehen fast ausnahmslos in der Achsel zwischen der Mittelrippe und den Seitenrippen, oft zu mehreren beisammen.

Bemerkenswerth ist die Art, wie der hier in der Galle vollständig eingekerkerte Parasit zuletzt in Freiheit gesetzt wird. In den meisten Fällen nagt er sich selbst durch die Gallenwand eine runde, lochförmige Oeffnung. In einigen Fällen wird aber die Befreiung durch einen organischen Prozess, der von der Galle selbst ausgeht, vermittelt. Die Gallen von *Cecidomyia ulmaria*, BR., auf *Spiraea ulmaria* werden am Scheitel in Form einer Spalte oder von Klappen geöffnet, wobei jedenfalls Gewebespansungen, vielleicht zugleich auch Kraftanstrengungen der sich befreien Puppe betheiligt sind. Die harten, auf

beiden Seiten ungefähr halbkugelig vorspringenden Gallen der *Cecidomyia tiliacea*, Br., auf den Lindenblättern öffnen sich durch deckelförmiges Abspringen des Obertheiles der Galle an der einen Blattseite. Endlich findet die Bildung eines neuen Mündungskanals aus dem Gallenmark nach Sprengung der Aussen- schicht statt bei den unten beschriebenen Gallen der *Hormomyia Capreae* auf den Weidenblättern.

Hinsichtlich der Lebensweise zeigen die Cecidomyien und Cynipiden, welche Galläpfel an Blättern verursachen, ein doppeltes Verhalten: sie überwintern entweder innerhalb der Gallen, die auf dem abgefallenen Laube sich befinden, als Larven oder Puppen, um erst im nächsten Frühlinge als geflügelte Insekten aus diesen auszuwandern, oder sie verlassen die Galle schon in demselben Sommer, in welchem diese entstanden ist, und überwintern als Puppen oder fertige Insekten in der Erde etc. Die geschlechtsreifen Thiere begeben sich im Frühjahr auf das neue Laub, um entweder in ganz junge, im Knospenzustande befindliche oder in schon weiter entwickelte Blätter die Eier abzulegen, worauf hier wieder dieselbe Galle erzeugt wird. Dieser einfache Entwicklungsgang, wie er nach der bisherigen Vorstellung für allgemein gültig gehalten wurde, dürfte nach den neuesten Entdeckungen ADLER'S¹⁾ bezüglich mehrerer eichenbewohnender Cynipiden nicht zutreffend sein, indem hier ein Generationswechsel besteht und die beiden Gallenwespengenerationen auch zwei verschiedene Gallen erzeugen, die man bisher für diejenigen zweier verschiedener Cynipiden gehalten hat. Die linsenförmigen Gallen des *Neuroterus fumipennis*, HARTIG, bilden sich auf den Eichenblättern im Juli. Die Wespen schlüpfen Ende des Winters aus ihnen aus und legen schon im März ihre Eier in die Knospen, und zwar nur ein oder wenige in jede Knospe. Es bilden sich dann schon im Mai einzeln oder zu wenigen auf einem Blatte befindliche kugelige, krautartige, in der Blattmasse liegende und beiderseits vorragende Gallen, aus welchen die total verschiedene Gallwespe *Spathegaster albipes*, SCHENCK, im Juni ausfliegt. Diese begiebt sich auf die noch nicht ausgewachsenen Blätter und legt hier ihre Eier ab, worauf sich oft zu hundert und mehr auf einem Blatte die Linsengallen entwickeln, welche den *Neuroterus* hervorbringen. Letzterer ist die geschlechtslose Generation, während *Spathegaster* sexuell ist.

Der Schaden, der durch die Blattgallen verursacht werden kann, beruht darauf, dass ein übermäßig stark damit besetztes Blatt in seiner Formausbildung behindert wird, und dass wenn alle oder viele Blätter eines und desselben Sprosses befallen sind, Kümmermiss der Zweige die Folge ist. So kommen z. B. die Gallen der Buchengallmücke (*Cecidomyia fagi*) bisweilen in solcher Menge auf einem Blatte vor, dass man von dem letzteren selbst wenig oder nichts sieht; solche Blätter werden dann oft nicht 2 Centim. lang, krümmen sich rückwärts und sehen aus wie eine Stachelkugel, an der oft keine Spur grüner Blattmasse mehr vorhanden ist.

Die hauptsächlichsten Typen der Galläpfel mögen hier an einigen Beispielen entwicklungs- geschichtlich geschildert werden.

Die kleinen Galläpfelchen, welche *Hormomyia Capreae*, WTZ., an den Blättern von *Salix Caprea* und verwandten Arten erzeugt, sind 1—2 Millim. gross, hart, glatt, gelblich, an beiden Seiten der Blattfläche fast halbkugelig erhaben und zeigen auf der Unterseite an ihrem Scheitel ein kreisrundes Loch. Nach der Einwanderung des Parasiten, welche immer von der

¹⁾ Beitr. zur Naturgeschichte d. Cynipiden in Deutsche entomol. Zeitschr. 1877, I, pag. 209 ff. — Vergl. auch G. MAYR in Verhandl. d. zool. bot. Ges. Wien XXVII. Sitzungsber., pag 20.

Unterseite zu geschehen scheint, findet man die Blattmasse daselbst in ihrer ganzen Dicke ange- schwollen (Fig. 45 A). Im gesamten Mesophyll ist ein starkes Wachsthum und eine bedeutende Vermehrung der Zellen eingetreten. Die Streckung der Zellen hat in der Richtung der Dicke des Blattes stattgefunden, und die Theilung der Zellen durch Scheidewände rechtwinkelig dazu. So stellt das Gewebe ein Meristem dar von kleinen, ungefähr rechteckigen, plasmareichen Zellen, welche sehr deutlich in parallelen Reihen rechtwinkelig zur Blattfläche geordnet, stellenweise auch, wo die Quertheilung minder lebhaft gewesen ist, in dieser Richtung schlauchförmig gestreckt sind. Nach den Seiten hin geht das Gewebe in den normalen Bau des Blattes über. In der Mitte enthält der Meristemkörper eine längliche Höhlung, in welcher sich die Larve befindet. Die Zellen um dieselben sind nur wenig kleiner als die übrigen. Die Höhle setzt sich in einen engeren Gang fort, der aber äusserlich verschlossen zu sein scheint. Nachdem diese meristematische Anschwellung die doppelte bis dreifache Dicke des Blattes erreicht hat, beginnt die Gewebedifferenzirung und der weitere Ausbau der Galle (Fig. 45 B). Der grösste Theil des Gewebes, das Gallenmark, bleibt aus kleinen, unregelmässig eckigen, dünnwandigen, keine Inter- cellulargänge bildenden Zellen zusammengesetzt, die aber in Folge von Verschiebung jetzt ein sehr unregelmässiges Parenchym darstellen; kleine Gefissbündel gehen aus der umliegenden Blattmasse in dasselbe und verzweigen sich hier, sowol nach der unteren wie nach der oberen Hälfte der Galle. An beiden Seiten haben sich zwei bis drei, nur etwa durch eine Zellenlage von der Epidermis getrennte Zellschichten zu verholzten, sehr dickwandigen, getipfelten, rundlichen Sclerenchymzellen (die Schutzschicht) ausgebildet. Auch quer durch das Blatt hindurch bildet sich rings um die Galle eine solche Schicht und stellt die Verbindung zwischen der oberen und unteren her, so dass die Galle von einem vollständigen Mantel von Sclerenchym umgeben wird. Die Entstehung der runden Oeffnung geschieht auf folgende Weise. Anfangs sind die Epidermis und die ihr zunächst angrenzenden Zellschichten noch über die Galle ausgespannt. In Folge des gegen die Unterseite hin am stärksten erfolgenden Wachsthumes des Gallenmarkes wird dieser Mantel hier geöffnet; das Gewebe weicht hier immer weiter auseinander und bildet den erwähnten runden Eingang. Gleichzeitig constituit sich aber darunter aus dem Gallenmark eine Art neuer Mündung, die zugleich der Ausgang aus der Gallenhöhle ist. Das Gewebe bildet einige gegeneinander gerichtete Wülste, zwischen denen der Gang nach der Höhle sich erstreckt. Die an diesen angrenzenden Zellen der Wülste nehmen die Beschaffenheit einer cuticularisierten Epidermis an, sind auch mehr oder weniger papillenartig nach aussen gewölbt. Von aussen kann man oft unter der äusseren Mündung diese Wülste mehr oder weniger deutlich erkennen.

Die Blattwespe *Nematus Vallisnerii*, HARTIG, erzeugt an den Blättern von *Salix fragilis*, *alba*, *amygdalina* etc. in der Blattmasse sitzende, beiderseits vortretende, einer kleinen Bohne ähnliche, fleischige, oft rothgefärbte Anschwellungen. Sie entstehen bereits, wenn das Blatt eben aus der Knospe hervorkommt. An der Stelle, wo das Ei in das Gewebe eingeschoben worden ist, geht das gesamte Mesophyll in eine sehr lebhafte Vermehrung der Zellen über, woran auch die Epidermis durch tangentiale Zelltheilungen sich betheiligt. Es entsteht ein Meristem aus kleinen, plasmareichen Zellen. Das Gewebe wird hinsichtlich der Zellenform nicht gleichmässig: Da wo die Theilungen sehr lebhaft sind, werden viele enge, polygonale Zellen gebildet; an Stellen, wo die Theilung mit dem Wachsthum nicht gleichen Schritt hält, resultiren mehr gestreckte, schmale Zellenformen, deren längere Achse in der Querrichtung des Blattes liegt. Solche Stellen finden sich oft ohne Regel neben einander. Nach innen gegen die Larvenkammer hin werden die Zelltheilungen lebhafter,

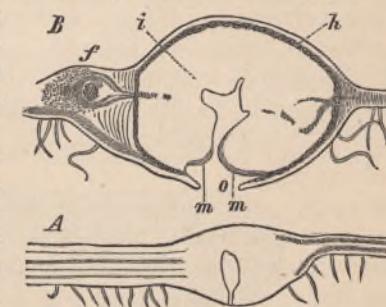


Fig. 45. (B. 133.)

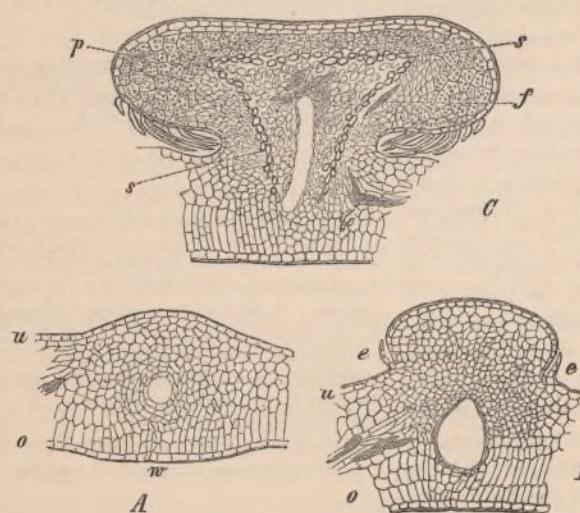
Galläpfel der *Hormomyia Capreae*, WTZ., auf den Blättern von *Salix Caprea*, im Querschnitt des Blattes. A junger Zustand, Uebergang des Mesophylls in Meristem. In der Mitte die Larvenkammer. B nahezu ausgebildeter Zustand. h die Schutzschicht, i das Gallenmark, welches bei m zu Wülsten auswächst, welche eine neue Mündung für die Larvenkammer bilden, nachdem die Aussen- schicht und die Schutzschicht bei o in Form eines runden Loches sich geöffnet haben. f Fibrovasalstrang. 20fach vergrössert.

das Gewebe kleinzelliger, trüber. Eine Schutzschicht wird hier nicht gebildet. Daher sind auch die äusseren Theile der Galle hier nicht gegen den Frass des Parasiten geschützt. Die unzeitige Zerstörung der Galle wird hier vermieden erstens dadurch, dass die Gallenwand schon eine ansehnliche Erstarkung erreicht, bevor die Larve aus dem Ei sich entwickelt hat, und zweitens dadurch, dass in Folge eines höchst energischen Fortgangs der Zellenbildung es der Erstarkung der Gallenwand gelingt, den innen stattfindenden Frass eine Zeit lang zu überwiegen: immer werden nach innen neue papillenförmig sich vorwölbende Zellen, stellenweise ganze Gewebe-wülste vorgeschoben. Endlich, wenn die Entwicklung der Larve ihrer Reife sich nähert, gewinnt der Frass die Oberhand, die Larve zerstört endlich das ganze Gewebe der Galle bis auf wenige peripherische Schichten, und dann findet man auch die Gallen verlassen.

Die oft zu Hunderten auf der Unterseite der Eichenblätter befindlichen, zierlichen, hemden-knopfförmigen Gallen von *Cynips Reaumurii*, HARTIG, entstehen Anfang Juli auf den nahezu erwachsenen Blättern. Während noch kaum eine äussere Anschwellung den Ort des abgelegten Eies verräth, ist das Mesophyll rings um die in der Mitte liegende kleine, die junge Larve bergende Höhle in lebhafte Zelltheilung übergegangen (Fig. 46 A); das Gewebe hat den Charakter eines Meristem angenommen. Die an der Oberseite liegende Stichstelle ist durch Vernarbungsgewebe verwachsen, welches bisweilen noch zu erkennen ist (Fig. 46 Aw). Vorwiegend ist die nach der Blattunterseite gelegene Hälfte des Mesophylls meristematisch geworden, was schon zeitig eine sanfte Erhebung der Oberfläche daselbst zur Folge hat. Dieselbe tritt dann bald stärker hervor, als ein convexes Polster, wobei am Rande desselben die Epidermis durchrissen wird (Fig. 46 Be). Das hervorgewachsene Polster, welches anfangs aus der deutlich unterschiedenen

Epidermis und im Uebrigen nur aus Meristem besteht, ist der Anfang der eigentlichen Galle. Dieser Körper erstarkt nun beträchtlich und nimmt die abgeplattete Form der Galle an (Fig. 46 C). Während die Larve sich ins Innere der Galle zieht, indem es seine Höhle durch Ausfressen nach dorthin erweitert, beginnt die Gewebedifferenzirung der Galle, welche durch Fig. 46 C verdeutlicht wird. Eine schliesslich aus dickwandigen, porösen Sclerenchymzellen bestehende Schutzschicht ss umschliesst ein aus dünnwandigen, mit trübem Inhalt versehenen Zellen bestehendes Mark mit der Larvenkammer.

Umgeben ist sie von der Aussenschicht, welche aus einem ziemlich grosszelligen, reich mit Stärkekörnern erfülltem Parenchym, stark cuticularisirten, mit rother Inhaltmasse erfüllten Epidermiszellen und an der



(B. 134.)

Fig. 46.

Entwicklung der Galläpfel von *Cynips Reaumurii* auf den Blättern von *Quercus pedunculata*. A erster Anfang, B nächstes Stadium, C junger Gallapfel, u Unterseite, o Oberseite des Blattes, e Epidermis, w Vernarbungsgewebe an der Stichstelle der Wespe, s Schutzschicht der Galle, p stärkeführendes Parenchym derselben, f Fibrovasalstrang.

Scheitelfläche aus einer unter der Epidermis soeben sich bildenden Korkschicht besteht. Eine innere Zone der Aussenschicht, welche an die Seiten der Schutzschicht angrenzt, behält noch Meristemcharakter; sie bewirkt das allmähliche weitere Wachsthum der Galle in die Breite, und in ihr entstehen auch Fibrovasalstränge (Fig. 46 Cf), welche Fortsetzungen derjenigen des Blattes sind. An der fertigen Galle hat sich der ganze Körper, und mit ihm sämmtliche Gewebe, beträchtlich in die Breite ausgedehnt; die Larvenkammer liegt jetzt, wie es durch die Anlage der Schutzschicht vorgeschrieben ist, als eine schmale Höhlung in querer Richtung. Jetzt ist auch die eigenthümliche

Haarbekleidung der Galle vollendet. Dieselbe beginnt zeitig am unteren Rande derselben und schreitet allmählich bis an den Rand der Scheitelfläche hinauf. Sie besteht aus starken, einfachen Haaren, welche alle gegen die Basis der Galle hin gekrümmmt sind.

Als letzter Typus sei die von *Andricus (Cynips) curvator*, HARTIG, erzeugte Eichenblattgalle erwähnt, deren Entwicklungsgeschichte PRILLIEUX (l. c.) beschrieben hat. Hier befindet sich in dem grossen Hohlraum der stets neben einem Blattnerv stehenden Galle, entweder frei oder der Innenseite ihrer Wand leicht angeheftet, eine kleine, nierenförmige, harte Innengalle, welche die Larve enthält. Sie wird in ähnlicher Weise wie die vorige angelegt, aber frühzeitig hört der aus Schutzschicht und Mark bestehende Kern auf sich zu vergrössern und wird zur Innengalle, während die Aussenschicht weiter wächst, so dass eine Zerreissung eintritt und ein Hohlraum sich bildet, in welchem die Innengalle liegt. Die Aussenschicht bildet endlich an ihrer Innenseite eine Art neuer Schutzschicht von dickwandigen, punktierten Zellen.

Die von *Rhodites rosae*, L., an den Triebspitzen der Rosen erzeugten sogen. Bedeguar unterscheiden sich hauptsächlich durch die eigenthümliche starke Behaarung, welche dadurch entsteht, dass die peripherischen Zellen der Galle in vielfach verästelte, rothgefärbte Haargebilde sich verwandeln, von welchen die Galle ganz bedeckt wird. Jede Einzelgalle enthält eine Larvenkammer. Die Eier werden aber sehr zahlreich in die jungen Blätter der Knospen gelegt, und deshalb bleiben die Einzelgallen gewöhnlich zu einem grösseren Complex, dem Bedeguar, concentriert; bisweilen liegen aber die Gallen mehr zerstreut, wenn die Eier dem Vegetationspunkt ferner gelegt worden oder durch Streckung der Theile auseinander gerückt sind.

IV. Gallen an Früchten.

Auch Fruchtknoten oder junge Früchte können zu Gallen werden, wenn gewisse Thiere in sie eindringen und sich in ihnen entwickeln. Damit ist eine Vereitelung der Samenbildung verbunden. Je nach dem Baue der Frucht und je nach der Species des Erzeugers ergeben sich dabei verschiedenartige Producte. So bewirkt die Gallwespe *Aulax Rhoeadis*, HARTIG, eine Anschwellung der Kapsel von *Papaver Rhoes*, welche von der mehrkammerigen Galle ganz ausgefüllt wird; dieselbe entsteht aus einer Wucherung der Scheidewände. Dagegen erzeugt *Aulax minor*, HARTIG, in den Kapseln derselben Pflanze kleine, kugelige, den Scheidewänden angewachsenen Gallen.¹⁾ Und die Mohngallmücke (*Cecidomyia Papaveris*, WtZ.), deren Larven zahlreich in den Köpfen der Mohnarten leben und die Samenknospen fressen, bewirkt nur ein Zurückbleiben des Wachstums und Verkümmern, keine eigentliche Gallenbildung. *Aulax Salviae*, GIR., erzeugt eine Galle, die aus kugeligen Anschwellungen der Mericarpien von *Salvia officinalis* besteht, die vom bleibenden Kelche umgeben sind. Ebenso werden durch die Gallmücke *Asphondylia Umbellatarum*, F. Lw. die Mericarpien von *Pimpinella* und anderer Umbelliferen blasig aufgetrieben. *Asphondylia Grossulariae*, FITCH, bewirkt nach THOMAS²⁾ eine Aufreibung und fleischige Verdickung des röhrenförmigen Theiles des Kelches der jungen Stachelbeeren, die Kohlgallmücke (*Cecidomyia Brassicace*, WtZ.), etwas aufgetriebene, zeitig gelb werdende Stellen der Schoten des Raps, Rübsens und Kohls. Die bemerkenswerthesten hierher gehörige Galle ist das durch das Weizenälchen (*Anguillula Tritici*, ROFFR.), verursachte sogen. Gicht- oder Radenkorn des Weizens. Die damit behafteten Pflanzen bleiben etwas niedriger und werden zeitiger gelb als die normalen, und in ihrer Aehre enthalten sie gewöhnlich lauter missgebildete Körner. Dieselben sind kleiner, durchschnittlich nur halb so gross als gesunde Weizenkörner, mehr abgerundet, schwarzbraun, haben eine dicke, harte, holzige Schale und enthalten

¹⁾ Vergl. G. MAYR, Europäische Cynipidengallen. Wien 1876.

²⁾ Halle'sche Zeitschr. f. d. gesammt. Naturwiss. 1877, pag. 131.

eine weissliche, faserig-markige Substanz, welche aus nichts als aus zahllosen, regungslos in einander geschlungenen Aelchen besteht, deren jedenfalls mehrere Tausend auf ein Radenkorn kommen, und deren jedes 0,86 Millim. lang ist. Nach der von C. DAVAINE¹⁾ ausführlich beschriebenen, von HABERLAND²⁾ bestätigten Entwicklungsgeschichte ist es sicher, dass diese Aelchen die Krankheit wieder erzeugen. Wenn die Thiere angefeuchtet werden, so beginnen sie nach einigen Stunden ihre Bewegungen. Die Gichtkörner können jahrelang trocken aufbewahrt werden, ohne dass die Thiere ihre Wiederbelebungs-fähigkeit verlieren; es ist sogar ein Fall von Wiederbelebung nach 25 Jahren angegeben worden. Wenn die Körner im Boden erweichen und verwesen, so kommen die Aelchen in Freiheit und verbreiten sich im Boden, wo sie nach jungen Weizenpflanzen gelangen können (nach HABERLAND kann sich die Verbreitung im Boden bis auf 20 Centim. erstrecken). Ist das der Fall, so steigen sie zwischen den Scheiden derselben empor und kommen an die junge Aehre, wenn diese noch in den ersten Entwicklungsstadien sich befindet. Das Eindringen der Thiere in die Anlage des Fruchtknotens, nach HABERLAND auch in die Staubgefässe, hat das Auswachsen dieser Theile zur Galle zur Folge. Dieselbe erreicht schon frühzeitig ihre Grösse und enthält Anfangs nur einige der bis dahin geschlechtslosen Aelchen. Hier aber nehmen dieselben Geschlechtsdifferenz an; die Weibchen legen Eier in den Gallen und gehen dann zu Grunde, während aus den Eiern die geschlechtslosen Würmchen auskommen, die man in der fertigen Galle findet. Die Wand der letzteren besteht aus mehreren Schichten poröser Sclerenchymzellen, auf welche nach innen collabirte, parenchymatische Zellschichten folgen. — Man kennt auch auf anderen Gramineen ähnliche durch Anguillulen veranlasste Missbildungen der Fruchtknoten.³⁾

¹⁾ Compt. rend. 1855, pag. 435, und 21. Juli 1856.

²⁾ Wiener landw. Zeitg. 1877, pag. 456.

³⁾ Vergl. A. BRAUN, Sitzungsber. d. Gesellsch. naturf. Freunde zu Berlin, 16. März 1875.

Die Morphologie der Phanerogamen.

Von

Prof. Dr. Oscar Drude.

Einleitung.

So vielgestaltig sich auch die Botanik unserer Zeit entwickelt und soviel Specialgebiete sich auch allmählich herausgebildet haben, so sind diese alle, sofern sie der reinen Wissenschaft angehören und nicht Fragen der Praxis berühren, doch nur Glieder jener vier Hauptgesichtspunkte, welche das ganze Gebiet der Pflanzenkunde unter sich theilen: der Morphologie, Physiologie, Systematik und Geographie der Pflanzen. Ein jeder dieser Gesichtspunkte verfolgt die Tendenz, die in seinen Bereich fallenden Gesetze in der Pflanzenwelt aufzuspüren, und zwar der Reihe nach die ihrer Gestaltung, ihres Lebens, ihrer natürlichen Verwandtschaft und ihrer räumlichen Vertheilung; vielfach berühren sich diese Gesichtspunkte, vielfach stehen sie einander untergeordnet da, behaupten aber dennoch eine grosse Unabhängigkeit von einander, obgleich sie aus praktischen Gründen in manchen botanischen Darstellungen (wie z. B. in ausführlich geschriebenen floristischen Arbeiten) gewaltsam und dann meist in Katalogform zusammengedrängt erscheinen.

Die allgemeine Morphologie pflegt derjenige Theil der Botanik zu sein, mit welchem die Anordnung des Stoffes botanischer Lehrbücher beginnt, und zwar aus leicht begreiflichen Gründen. Sie lässt uns den Aufbau jener natürlichen Apparate erkennen, deren Wirkungsweise in den Bereich der Physiologie fällt; letztere greift immerfort auf morphologische Verhältnisse zurück, und wären es auch nur solche der einfachsten Art, welche jeder Mensch aus langjährigen Anschauungen bewusst oder unbewusst in sich trägt; und so ist keine allgemeine Kenntniss der Pflanze denkbar ohne innige Verbindung von Physiologie und Morphologie. Aber noch viel weniger kann die natürliche Systematik einer genauen morphologischen Schulung entbehren, da sie darauf angewiesen ist, die Verwandtschaft nach dem Grade der Aehnlichkeit in der Gestalt und dem Aufbau der einzelnen Pflanzenteile zu bestimmen. Wir erkennen daher die Morphologie sogleich als unentbehrliche Stütze für zwei der drei anderen Hauptgesichtspunkte in der Botanik, und werden auch die Umkehrung dieses Verhältnisses, nämlich die Abhängigkeit der Morphologie von eben denselben, später noch viel ausführlicher zu wiederholten Malen zu berücksichtigen haben.

In dieser Abhandlung wird aber der Verfasser von der gesammten Morphologie nur einen Specialabschnitt zu behandeln haben, dessen Grenzen nunmehr etwas schärfer zu präzisiren sind. Die Theilung der Morphologie in die der Kryptogamen und Phanerogamen ist für jeden selbstverständlich, der diese beiden

Hauptabtheilungen des Pflanzenreichs kennt. Da schon die Gefässkryptogamen in monographischer Weise unter voller Berücksichtigung ihrer eigenen Morphologie bearbeitet sind (s. pag. 147), und da von den Moosen und Thallophyten ähnliche Monographien bearbeitet werden, so soll es sich hier nur um die morphologischen Verhältnisse der drei höchsten Pflanzenklassen, der Gymnospermen, Mono- und Dicotyledonen handeln, an deren Schilderung sich dann in einer späteren Abhandlung als direkte Nutzanwendung die auf die morphologischen Verhältnisse gestützte Systematik derselben drei Klassen anschliessen soll. Aber selbst von diesen Phanerogamen ist hier die Morphologie nicht erschöpft, es ist vielmehr nur deren eine Hälfte zu finden. Um die morphologischen Verhältnisse in ihrer Gesamtheit zu schildern, stehen zwei Methoden zu Gebote: die eine betritt den Weg, welchen die Botanik in ihrer historischen Entwicklung durchlaufen hat; sie hebt mit der rohesten Betrachtung der pflanzlichen Theile an, sucht dieselben in gewisse Kategorien zu gliedern und zusammenzufassen, beschäftigt sich dann mit der feineren Ausarbeitung der gewonnenen Kategorien, geht immer mehr in das Kleinere hinein und endet damit, jedes Organ und jedes Organstückchen in seine Componenten, in die Zellen, aufzulösen und auf das Zellbildungsgesetz zurückzuführen. Die andere Methode verfährt im Gegentheil aufbauend; sie geht von der Kenntniss der vegetabilischen Zelle aus, sieht deren viele sich zu grösseren Complexen vereinigen, untersucht deren Wachsthumsgesetze, sieht aus den so erkannten Geweben ganze Pflanzentheile entstehen, untersucht auch deren gemeinschaftliches Wachsthumsgesetz und verweilt dann bei dem Chaos der verschiedenen Pflanzenformen, um daselbst die auf Entwicklungsgeschichtlichem Wege gewonnenen Resultate im Grossen zu verwerten und zu einem natürlichen Bilde zusammenzustellen. Diese letztere Methode wird von der modernen Botanik, und wol mit Recht, bevorzugt; jedenfalls müssen die Resultate beider Methoden sich decken, auf die eine oder andere Weise muss ein Gesammtbild gewonnen werden. Am erschöpfendsten wird aber die Morphologie erläutert, wenn beide Methoden neben einander auftreten, und so erfordert es der Gesammtplan dieses »Handbuchs der Botanik«. Die Histologie und die vergleichende Anatomie der Phanerogamen sind hier ausgeschlossen und besonderen Abhandlungen zur fachgemässen Darstellung überlassen, welche die Entwicklungsgeschichte zu ihrer Fahne erheben. Die sich mit dem Aufbau der Pflanzen aus Organen, nicht aus Zellen, beschäftigende und die Organe speciell betrachtende Morphologie ist der Gegenstand meiner Abhandlung; sie hätte daher den Titel »Organographie der Phanerogamen« erhalten können, wenn nicht unter der Bezeichnung »Organographie« jene ermüdende Aufzählung von botanischen Kunstausdrücken ohne den leitenden Faden allgemeiner Morphologie verstanden zu werden pflegte, welche in den älteren Lehrbüchern der Botanik einen sehr grossen, aber nicht eben sehr interessanten Theil ausmachte. Denn wenn jetzt zu einer wissenschaftlichen Behandlung der Morphologie der Blütenpflanzen dieselbe in zwei den beiden geschilderten Methoden entsprechende Theile zerlegt wird, so sollen dieselben nicht neben einander hergehen, ohne auf einander zu verweisen, sondern im Gegentheil unter unausgesetzter gegenseitiger Berücksichtigung. Die aufbauende Methode sowol als die vom Grossen in's Kleinere gehende und so zergliedernde geben es alsdann auf, das ihnen vorliegende Material bis zum letzten Grunde zu erschöpfen; jede hört an der ihr principiell zukommenden Grenze auf und überlässt das jenseits liegende

Gebiet der anderen. Das Grenzgebiet aber gehört beiden zugleich an, und es ist nothwendig, von ihm aus in das fremde Gebiet zu verweisen, damit die Einheit nicht verloren gehe und der Leser stets daran erinnert werde, dass in jeder Abhandlung eine grosse Lücke gelassen sei, welche die andere ausfüllen soll. Nicht selten wird daher der geneigte Leser hier durch Andeutung allgemeiner Resultate aus der vergleichenden Anatomie auf das hier Fehlende aufmerksam gemacht. In einem Theile aber lässt sich auch bei den Phanerogamen eine Trennung beider Methoden nicht mehr genau durchführen, nämlich bei der Schilderung der Blüthe. Nicht nur deren äussere Erscheinung, sondern auch der Kernpunkt, die Sexualitätslehre, ist meiner Abhandlung überwiesen, und damit sind auch hier kurze Entwicklungsgeschichtliche Darstellungen wenigstens auf diesem Gebiete nothwendig geworden.

Nachdem ich so meine Aufgabe präcisirt habe, scheint es nothwendig, noch einige Worte über die hier gewählte Darstellungsmethode vorauszuschicken, namentlich in Bezug auf die gesammte Literatur und Streitfragen der Gegenwart. Das »Vorwort des Herausgebers« dieses Handbuchs (s. pag. V und VI) ist mir dabei maassgebend; ich habe es aus dem Grunde dem Zwecke des Buches nicht entsprechend gehalten, wenn den Literaturcitaten ein übergrosser Raum gespendet würde, und doch war es auf der anderen Seite nothwendig, sowol meine vorzüglicheren Quellen als die zur Ergänzung dieser Abhandlung dienenden ausführlicheren Schriften anzugeben. In Bezug auf letztere ist in der Morphologie, in welcher fast jeder Monograph genannt werden kann, die Auswahl sehr schwierig, und ich will gern im Voraus bekennen, dass dieselbe besser hätte getroffen werden können; sie ist jedenfalls sehr unvollständig, aber sie soll es auch meiner Absicht nach sein. Noch weniger wollte ich diese Bogen zu einem Tummelplatz der in der Morphologie an dieser und jener Stelle gegenwärtig herrschenden Discussionen machen, wenn nicht die Wichtigkeit des Gegenstandes eine Erläuterung der verschiedenen Meinungen nothwendig mache; oft habe ich daher eine Entscheidung zu treffen gewagt, wo dieselbe noch nicht nach dem allgemeinen Urtheil festgestellt ist, und es mögen die Verfechter anderer Meinungen nicht voraussetzen, dass mir in jedem Falle ihre Ansicht unbekannt geblieben sei, wo sie dieselbe nicht citirt finden. Die zur Nachuntersuchung vorgeschlagenen Beispiele zu den Lehrsätzen habe ich wo möglich aus der einheimischen Flora gewählt, wo diese nicht ausreichte, aus Gewächshauspflanzen; für besondere Fälle musste ich die Pflanzen zu Beispielen wählen, wie sie vorliegen. In den Abbildungen habe ich dagegen gern auch unbekanntere Pflanzen zu Beispielen herangezogen. — Diese meine Darstellung der Morphologie der Phanerogamen ist also bestimmt, ein kurzes, aus dem überreichen Stoff das Wichtigere auswählendes, methodisch verfasstes und deshalb darstellendes, nur selten katalogisirendes Compendium von der äusseren Gliederung der Blüthenpflanzen nebst deren Sexualitätsverhältnissen unter hinweisender Berücksichtigung der vergleichenden Anatomie und Entwicklungslehre zu geben.

Historische Entwicklung.

Die wissenschaftliche Morphologie, der es um mehr als um eine Anhäufung verschiedener Kunstausdrücke zu thun ist, ist erst wenige Decennien alt; sie hat sich aus der seit den ältesten Zeiten botanischer Literatur nothwendig gewordenen und immer mehr vervollkommenen Beschreibung der Pflanzen in bestimmten Formen herausgebildet. Um die Art und Weise seiner Beschreibungen richtig

würdigen zu können und dem Leser das Wiedererkennen seiner Pflanzen zu ermöglichen, hielt es schon FUCHS in seiner »Historia Stirpium« 1542 für nothwendig, der von ihm angewendeten Terminologie einige Seiten zu widmen, und derselbe Beweggrund veranlasste die späteren Botaniker dazu. [Vergl. SACHS, Geschichte der Botanik etc., München 1875]. Die handschriftlich weiter überlieferte »Isagoge phytoscopica« von JUNGIIUS gab, von RAY 1693 an das Licht gezogen und bereichert, der Terminologie eine vollendetere Form, welche ihren vollen Einfluss auf LINNÉ ausübte. Wenn dieser auch um Darstellung der Kunstausdrücke, um deren einheitliche und sehr zweckmässige Verwendung von seiner Zeit an bis zur Gegenwart die grössten Verdienste sich erworben hat, so ist doch nie zu vergessen, dass er die Morphologie nur als etwas sehr Untergeordnetes und nur als Mittel zum Zweck Wichtiges betrachtete. Nur um die Diagnosen seiner Arten in jener ausgezeichneten Knappeit und in gedrängtem Inhaltsreichtum mit den wenigsten Worten fertigen zu können, schuf er auch für die damalige Morphologie in seiner »Philosophia botanica« 1751 ein fertiges Lehrsystem; aber wie wenig er von morphologischen Forschungen und von der die wissenschaftliche Morphologie allein fördernden Untersuchungsmethode durchdrungen war, geht schon zur Genüge daraus hervor, dass er sein Lehrsystem auch für die Zukunft unverändert weiter bestehen sehen wollte. Und thatsächlich bestand seine Terminologie als morphologischer Theil der von allen Botanikern verfassten Lehr- und Handbücher bis zum Jahre 1830 im Princip ungeändert und nur wenig vermehrt und weiter ausgeführt, ohne dass die Morphologie als auf eigenen Principien weiter sich entwickelnder Zweig der Botanik aufgetreten wäre. Denn sogar die für ihre Zeit ausserordentlich hoch dastehende »Théorie élémentaire de la Botanique« von A. P. de CANDOLLE (2. Aufl. 1819) kann nicht als principielle Umarbeitung der Morphologie betrachtet werden, weil in ihr das LINNÉ'sche Lehrgebäude unter dem Titel »Glossologie botanique« in bester Form erschien, und die wesentlich morphologischen Betrachtungen ebenfalls unter dem Kapitel der natürlichen Systematik nur zu dem Zweck angestellt werden, um für das angestrebte System die von der Natur verlangte Basis zu erzielen. Deswegen steht auch desselben berühmten Verfassers »Organographie végétale«, Paris 1827, noch auf demselben Standpunkte, muss aber von diesem aus als ein vorzügliches und noch heute sehr lehrreiches Buch betrachtet werden. — Die einzige Veränderung, welche die Speculation in den damaligen Zustand morphologischer Denkweise brachte, war die GOETHE'sche Metamorphosenlehre, von ihm selbst und seinen Anhängern vielfach ausgebaut, ohne an Klarheit zu gewinnen, nachdem in der ersten Schrift: »Versuch, die Metamorphose der Pflanzen zu erklären«, Gotha 1790, die Anregung dazu gegeben war. Es würde unnütz sein, hier die weitere Einwirkung dieser Lehre auf die Herausbildung der wissenschaftlichen Morphologie zu erläutern; Thatsachen hat sie derselben kaum überliefert, während die organographischen Darstellungen der älteren Lehrbücher wenigstens fundamentale Kenntnisse lieferten und zu deren Förderung Veranlassung gaben, wenn sie auch ohne Klarheit aufgehäuft neben einander liegen blieben. Da in der Metamorphosenlehre GOETHE's nur eine Anschauungsweise lag, welche die heutige Wissenschaft richtig zu beurtheilen vermag, da aber die verschiedenen Anschauungsweisen der Natur nicht immer mit dieser in nothwendigem Zusammenhange stehen, so mag es genügen, auf WIGAND's »Kritik und Geschichte der Lehre von der Metamorphose der Pflanze« (Leipzig 1846) zu verweisen, als auf eine dieses Kapitel der Geschichte der Botanik ausführlich erläuternde Schrift. —

Ein Mann allerdings hatte inzwischen eine Reihe morphologischer Untersuchungen zu Tage gefördert, welche die ganze Methode der Botanik schon frühzeitig hätten umändern müssen, wenn sie nicht erst später so gewürdigt wären, wie sie es verdienten. Dieser Mann war R. BROWN, der weder ein eigenes System noch Lehrbuch der Botanik herausgegeben hat, der aber wie sonst Niemand in jener Zeit der descriptiven Methode geistvolle Abhandlungen aus dem Gebiet der natürlichen Systematik schrieb, welche ihn auch zu tief-sinnigen Untersuchungen über den Blüthen- und Fruchtbau veranlassten und vollständig im Sinne der heutigen Botanik verfasst sind. Er behandelte die Morphologie nicht als Mittel zu einer klaren Beschreibung allein, sondern er erkannte die gegenseitige Abhängigkeit, in der wahre Systematik und Morphologie zu einander stehen, und indem er bald von diesem, bald von jenem der beiden Gebiete ausging, erhielt er für beide gleich wichtige Resultate. So sind seine Abhandlungen (gesammelt als »Vermischte botanische Schriften«, 1825—1834) ein Muster der Methode und enthalten eine bis auf den heutigen Tag noch nicht völlig erschöpfte Quelle reichen Wissens. — Auf ihn verwies daher auch der begeisterte Reformator der botanischen Methode, SCHLEIDEN, als auf ein Muster einzig in seiner Art. Denn thatsächlich war in den zu jener Zeit erschienenen Lehrbüchern, von denen ich das von A. RICHARD (Nouveaux éléments de Botanique; VI. édit., Brux. 1833), von S. ENDLICHER und F. UNGER (Grundzüge der Botanik, Wien 1843), von S. KUNTH (Lehrbuch der Botanik, Berlin 1847), und namentlich das von A. DE JUSSIEU (»Cours élémentaire de Botanique« als Theil eines »Cours élémentaire d'Histoire naturelle«) als die bekanntesten und inhaltsreichsten nenne, in Bezug auf Methode und Anordnung der Morphologie sehr viel zu vermissen, obgleich einige sehr gut durchdacht waren, besonders das letztgenannte noch heute in vielen Stücken vorzüglich genannt werden muss und auch schon auf dem Boden moderner Untersuchungen steht. Als das ausführlichste Werk, welches das Bestreben, die zur Beschreibung nothwendigen Kunstausdrücke übersichtlich zusammen zu stellen, geschaffen hat, sei noch BISCHOFF's »Handbuch der botanischen Terminologie und Systemkunde« erwähnt, dessen erster, im Jahre 1833 erschienener Band als ergiebigste Quelle für die sich auf die Phanerogamen beziehenden Termini betrachtet werden kann und dieselben zugleich durch zahlreiche Abbildungen erläutert. Einen viel kürzeren, aber der Systematik genügenden Abriss darüber geben in guter Weise MAOUT et DECAISNE im ersten Theile ihres »Traité général de Botanique descriptive et analytique«, Paris 1876. Solche Bücher enthalten nicht nur eine Fülle von allmählich angesammeltem Material, sondern sie sind für gewisse Zwecke der Botanik geradezu nothwendig und unentbehrlich; nur das ist eine irrite Meinung, dass diese Kunstausdrücke das Wesen der Morphologie ausmachten und diese Meinung ist von SCHLEIDEN zuerst erfolgreich niedergekämpft. In seinen, in wiederholt neuen Auflagen erschienenen Grundzügen der wissenschaftlichen Botanik, welche den Separattitel »Die Botanik als inductive Wissenschaft« führen, eröffnete er eine neue Lehrmethode im Sinne wahrer Naturforschung, und nützte dadurch der Entwicklung der Morphologie mehr als durch seine, nicht selten in den wichtigsten Stücken irrgen eigenen Untersuchungen. Schon das erscheint als ein principieller Vortheil, dass er nach einigen kurzen sehr allgemein gehaltenen morphologischen Lehren den ganzen übrigen Theil der Morphologie nach den grossen Klassen des Pflanzenreichs specialisiert und dadurch zugleich die richtige Verbindung von natürlicher Systematik und Morphologie herstellt; die Morphologie der Phanero-

gamen erscheint bei ihm in einer ähnlichen Weise, wie es hier der Fall sein soll und entwickelt sich, ohne den Auseinandersetzungen über die Kryptogamen Nachtheil zuzufügen, ja im Gegentheil auf dieselben gestützt; denn überall befolgte er den Weg der Entwicklungsgeschichte als leitenden Faden seiner Methode.

Während sich hier die augenblicklich allgemein anerkannte Methode Bahn brach, traten andere Strömungen daneben auf, welche die von der Botanik eingeschlagene Richtung nicht unerheblich beeinflussten. Die Anordnung der Blattorgane war von SCHIMPER und BRAUN zum Gegenstande umfassender Untersuchungen gemacht, und bei dem letzteren, der Morphologie mit Liebe ergebenen Autor bildete sich wiederum eine eigene Anschauungsweise aus, welche kurz als die der »Spiraltheorie« bezeichnet werden kann, obgleich dieser Name den Inhalt nicht erschöpft. Wir werden später den richtigen Kern derselben ausführlich zu behandeln haben und werden dann auch leichter das Fehlerhafte in der Methode erkennen können, welches darin gipfelt, dass man nach einem mit Geschick abgeleiteten Princip ein morphologisches System aufstellt, in welches die meisten an den Pflanzen zu beobachtenden äusseren Gliederungsverhältnisse hineingezwängt werden können; es liegt also eine Unnatürlichkeit darin. Der Beifall aber, den die von Mathematikern noch weiter durchgeführte Spiraltheorie fand, hatte wenigstens das Gute, dass um so leichter ein Buch unschädlich bleiben konnte, welches auf der Metamorphosenlehre aufgebaut die ganze Morphologie hätte in Verwirrung bringen können. C. H. SCHULTZ-SCHULTZENSTEIN liess 1847 ein »Neues System der Morphologie der Pflanzen nach den organischen Bildungsgesetzen« erscheinen, dessen Hauptprincip vier Jahre später in einer besonderen Schrift: »Die Verjüngung im Pflanzenreich«, nochmals besprochen wurde; er will die einzelne Pflanze als aus vielen, Anaphyta genannten Stücken zusammengesetzt erscheinen lassen und charakterisiert als ein einzelnes Anaphyton an der Pflanze das, was zu keimen und individuell fortzuleben fähig ist, was also, wie er sich ausdrückt, seinen Keim und sein organisches Bildungsprincip in sich hat. Darnach muss dann die Frage, was wir an der Pflanze als ein Organ bezeichnen und was wir »einfach« nennen wollen, ganz anders beantwortet werden, als wie wir es thun werden, und so erscheinen in dieser Lehre Blätter wie Wurzeln und Stengel alle als vielfach zusammengesetzte Pflanzenstücke oder »Synanaphyta«; unter demselben Lichte werden alle Theile dieser sogen. Pflanzenstücke weiter zergliedert und dabei eine Ausdrucksweise angewendet, welche so fremd war wie die ganze Idee. Das BRAUN'sche morphologische System, welches 1851 im Zusammenhange dargestellt war [Betrachtungen über die Erscheinung der Verjüngung in der Natur], hatte durch die fast gleichnamige vorher genannte Schrift unterdrückt werden sollen, bewirkte aber das Gegentheil. Auch schon früher erschienene Untersuchungen von GAUDICHAUD [Recherches générales sur l'organographie, la physiologie et l'organogénie des végétaux; Paris 1841, Extrait des Mémoires de l'Académie] übten in ihrer, nicht einmal vollendet dargelegten Methode keinen bleibenden Einfluss und dienten nur durch die angestellten Beobachtungen selbst zur Förderung der »Inductiven Botanik« (vergl. SACHS, Geschichte der Botanik, pag. 184).

Die Entwicklungsgeschichte wurde zum Gegenstande oder zur Grundlage der wichtigeren Untersuchungen, und schon 1857 erschienen die entwicklungs geschichtlichen Blüthenstudien von PAYER durch das ganze Phanerogamenreich hindurch in noch unübertroffener Vollständigkeit [Traité d'organogénie comparée de la fleur], während NÄGELI und dann besonders HOFMEISTER dieselben Arbeiten

an den Vegetationsorganen und den jugendlichen Embryonen im reifenden Samen lieferten. So war der von SCHLEIDEN verfochtene Umschwung in der Morphologie wie in den übrigen Theilen der Botanik vollzogen und in der letzten speciellen Bearbeitung der »Allgemeinen Morphologie der Gewächse« durch HOFMEISTER [Handbuch der physiologischen Botanik, Bd. I, Abth. 2], ebenso wie in dem »Lehrbuch der Botanik« von SACHS [4. Aufl. 1874] tritt nicht nur der inzwischen gewonnene innige Zusammenhang zwischen Physiologie und Morphologie hervor, sondern auch in Folge davon das Bestreben, mechanische Principien auch in der Gestalt als maassgebend hinzustellen. Die Principien der fundamentalen morphologischen Eintheilung mussten sich dadurch ändern, zumal als viele Beobachter es unternahmen, alle Begriffe, welche die frühere Morphologie gebildet hatte, entwicklungsgeschichtlich zu beurtheilen, und demnach für sie entweder neue Charaktere zu entwerfen oder sie gar zu verwerfen und neue dafür an ihre Stelle zu setzen. Eine reiche Quelle solcher Studien enthalten zahlreiche Arbeiten von WARMING und besonders dessen »Recherches sur la ramification des Phanérogames principalement au point de vue de la partition du point végétatif; Copenh. 1872 [Soc. roy. d. Sc. de Copenhague, sér. V. vol. X.]. Ueberaus reich ist die Literatur neuester Zeit an specielleren Untersuchungen mit ähnlicher Tendenz, und die für unsere Zwecke passenden werden später Erwähnung finden. Auch ist hervorzuheben, dass noch in allerletzter Zeit durch SACHS und GOEBEL wiederum ein neuer Gesichtspunkt für den Aufbau der Pflanzen gewonnen ist, der nachher erläutert werden wird. — Die Mechanik in der Gestaltbildung, diese höchst fruchtbare Verbindung von physiologischen und morphologischen Untersuchungen, hat hierbei als Motiv gedient, wie sie auch vorzüglich in SCHWENDENER einen Vertreter gefunden hat, zunächst in einer einzelnen Phanerogamen-Klasse gewidmeten Abhandlung [Das mechanische Princip in der anatomischen Structur der Monocotylen. Leipzig 1874]. Derselbe Autor entzog alsdann der noch immer mächtigen Spiraltheorie den sicheren Boden, indem er sie nicht nur vom entwicklungsgeschichtlichen, sondern von ihrem eigenen, geometrisch gewonnenen Standpunkte aus angriff. [Mechanische Theorie der Blattstellungen. Leipzig 1878], und man darf wol annehmen, dass die Grundidee der Spiraltheorie nunmehr fortgeschafft und durch mechanische Faktoren als ersetzt anerkannt worden ist, wenngleich sich ihre Darstellungsweise forterhält da, wo sie wirklich bequeme Ausdrücke liefert. Wie viel sie übrigens hat leisten können, geht am besten aus der durch sie in subtiler Weise vervollkommenen Deutung der Blüthenorgane hervor, und hierdurch wurde der classificirenden Systematik ein mächtiger Vorschub gewonnen. Die Vollendung in der Beschreibung des Blüthenbaues ist ihr zu verdanken, und das neueste Werk darüber von EICHLER [Blüthendiagramme, Leipzig 1875—1878] zeigt, welcher grosse Fortschritt durch ihre mühsamen Studien, formellen Ausdrucksweisen und Deutungen zusammen mit den Resultaten der Entwicklungsgeschichte auf demselben Gebiete erlangt worden ist. — Die entwicklungsgeschichtlichen Studien an den Vegetationsorganen haben inzwischen eine solche Ausdehnung gewonnen, dass auch sie zu voluminösen Compendien haben verarbeitet werden müssen, von denen das neueste von DE BARY, die »Vergleichende Anatomie der Vegetationsorgane der Phanerogamen und Farne« mustergültig ist [Handbuch der physiologischen Botanik, herausgegeben von HOFMEISTER, Bd. III. Leipzig 1877]. — Wenn wir daher sehen, dass die Morphologie im regen Fluss, in ihrer eigenen kräftigen Weiterentwicklung begriffen ist, so können wir nicht mehr der alten

Ansicht huldigen, dass es in Bezug auf die Benennung der morphologischen Begriffe stets beim Alten bleiben müsse. So gut dies in einer Hinsicht wäre, weil dann nicht allein die frühere Literatur auch für uns noch lesbar und im richtigen Sinne verständlich bliebe, sondern weil um so leichter eine wahrhaft internationale Ausdrucksweise geschaffen werden könnte, so traurig würde es für den Fortschritt der Wissenschaft sein, wenn diese sich immer in der alten Form erhalten sollte. Man darf nie vergessen, dass die Benennungen, welche die Naturforschung ausführt, eben nur die dem augenblicklichen Zustande der Kenntniss entsprechende Form ist, in welcher ihre Begriffe wie gegossen erscheinen. Der rege Fortschritt macht ein Umgießen in neue Formen nötig, um immer mehr solche zu erhalten, welche im Wirken der Natur selbst begründet liegen. Deswegen habe ich mich nicht gescheut, neue Benennungen für neu gefasste Begriffe anzuwenden, wo es die Entwicklung der heutigen Wissenschaft zu fordern scheint; auch habe ich versucht, eine Terminologie anzuwenden, welche der erstrebten und jedenfalls wünschenswerthen Internationalität leichter entsprechen kann und deswegen nicht selten germanisirte Bezeichnungen der lateinisch-botanischen Terminologie gewählt; dagegen habe ich es vermieden, auf neue Benennungen einzugehen, wenn der Name eben nur des Namens willen umgeändert war, und ich halte solche Versuche in der Morphologie wie in der Systematik für gleich unfruchtbar.

In dieser kurzen historischen Uebersicht sind aus der neueren Literatur nur die für uns wichtigeren Werke in der Absicht genannt, die späteren Citate abzukürzen; auf die vorstehend genannten Schriften wird entweder mit starker Abkürzung oder nur mit l. c. verwiesen werden.

I. Abschnitt.

Die allgemeine Gliederung der Phanerogamen.

Die vergleichende Morphologie hat die Aufgabe, unter Berücksichtigung der Gestaltungsverhältnisse aller in ihren Bereich fallender Wesen Begriffe zu bilden, mit welchen die Wissenschaft frei operiren kann, um die Gestalt der betreffenden Wesen sowol ihrer Natur gemäss ausdrücken, als auch uns dieselbe in ihren charakteristischen Eigenthümlichkeiten erklären zu können. Wir verlangen dabei von den gebildeten Begriffen ein möglichst geringes Abweichen von der Natur; wo ein solches Abweichen bemerkt wird, muss es in einem Mangel unseres Wissens oder in einem Mangel der Darstellung begründet sein und hat später einen der Grösse der Abweichung entsprechenden Fortschritt der Wissenschaft zur Folge. Fragen wir jetzt nach den Gestalt-bestimmenden Componenten der Phanerogamen, so ist eine scharfe Beantwortung dieser Frage gerade beim Eintreten in die wissenschaftliche Morphologie am nothwendigsten, weil hier ein Abweichen von der Natur die am meisten gefährlichen Folgen hat. Wir müssen von diesen in erster Linie die Gestalt bestimmenden Componenten, die wir einstweilen noch nicht kennen und nennen, verlangen, dass sie bei allen Phanerogamen zu finden sind, und dass in ihrer wechselvollen Ausbildung der Grund der verschiedenen Gestalt verschiedener Phanerogamen versteckt liegt.

Man könnte einwenden, diese Forderung sei unberechtigt, weil an der Gestaltung des Phanerogamen-Reiches so viele verschiedene Componenten Theil nehmen, dass an eine einheitliche Begriffsbildung nicht gedacht werden könnte. Allein durch die natürliche Systematik bekommt diese Forderung ihre Berechtigung, denn diese vereinigt nur solche Gewächse zu grossen Gruppen, welche in den sich in ihrer Gestalt äussernden Merkmalen eine solche Ueberein-

I. Abschnitt. Die allgemeine Gliederung der Phanerogamen.

stimmung zeigen, dass diese Uebereinstimmung nur dem Wirken gleicher Gestaltungsgesetze oder dem Zusammentreffen gewisser gleicher Componenten zugeschrieben werden kann. Findet man diese Componenten auf, so erhält man damit zugleich die durch sie begründeten Charaktere der grossen Gruppe, und dies ist sehr angethan, den engsten Zusammenhang zwischen natürlicher Systematik und Morphologie darzulegen, durch welchen sich die ordnende und Begriffe bildende Botanik wie um sich selbst im Kreise herumdreht.

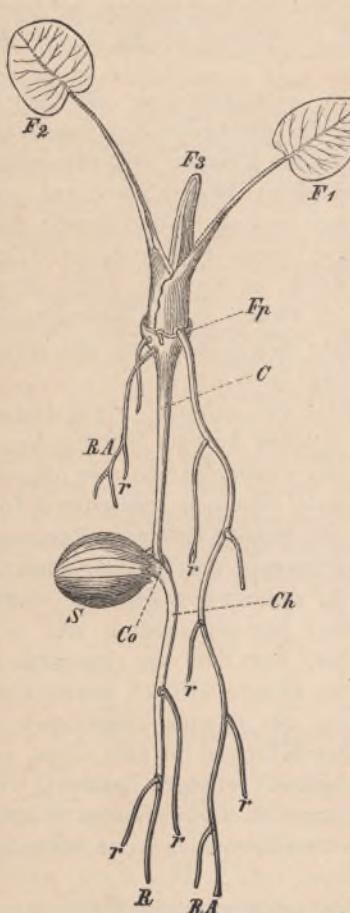
Die morphologischen Grundbegriffe. Betrachten wir die ganze Phanerogamenwelt vergleichend, so sind wir mit der geringsten Kenntniss der gewöhnlichsten, sich täglich unserem Auge darbietenden Pflanzen und der leichtesten, aus unserem eigenen Volksmunde stammenden Begriffsbennnung im Stande, die Charakter-liefernden Componenten heraus zu finden; und gerade der Umstand, dass ein unbefangenes und noch nicht durch frühere Lehren der Wissenschaft beeinflusstes, sondern nur gute Kritik ausübendes Auge diese Operationen ausfinden oder nachbilden kann, ist ein Beweis für die Natürlichkeit dieses Verfahrens und liefert die für die wichtigste Eintheilung und die nothwendigsten Begriffe in der Botanik sichere Grundlage gleichzeitig.

Grüne Blätter können nicht zu den Componenten gehören, denn einige Phanerogamen zeigen nur bleiche Schuppen; die Bildung holziger Stämme kann keine der nothwendigen Gestaltungseigenschaften der Phanerogamen sein, da wir viele während der ganzen Lebensentwicklung niemals über den krautartigen Zustand hinausgehen sehen; dies bringt uns darauf, die Begriffe-liefernden Faktoren überhaupt nicht in den mächtig entwickelten Pflanzenkörpern zu suchen, sondern auf deren frühere Stadien zurück zu gehen. Nicht sprungweise geht der starke Baum aus seinem schwachen, krautartigen Anfange hervor, sondern sehr allmählich und ohne Veränderungen seines Wesens; nur dass die jugendliche Pflanze nicht blüht und Früchte trägt, das ist der einzige wirklich wesentliche Unterschied und macht in der Lebensentwicklung des Baumes einen unzweideutigen Abschnitt, während sich alle übrigen Veränderungen an dem schon an der kleinen Pflanze Vorhandenen stetig vorschreitend verfolgen lassen. Wir werden daher dazu veranlasst, die Gestalt-bestimmenden Componenten in den jugendlichen Phanerogamen zu suchen, welche in überraschender Weise einander ähnlich sind.

Gingen wir noch weiter zurück auf das der jugendlichen, sich entwickelnden Pflanze vorhergehende Stadium, nämlich auf den Samenzustand, in dem bekanntlich die Phanerogamen-Keimlinge einen Ruhezustand durchmachen, so würde uns damit zunächst nichts genützt sein. Das allerdings ist ein übereinstimmender Befund, dass alle Phanerogamen diesen Samenzustand durchmachen, da aber der innere Bau und die äussere Form der Samen sehr verschieden ist, so können wir erst später von einer sichereren Basis aus über dieselben ein zusammenhängendes Urtheil abgeben, nicht aber jetzt aus der Form der Samen die Elementarbegriffe für die Phanerogamen ableiten.

Da die jungen, eben erst dem Samen entschlüpfen Pflänzchen, mit wenigen innerhalb des ganzen Phanerogamenreiches sich findenden und später genauer zu betrachtenden Ausnahmen, insofern eine Uebereinstimmung zeigen, als sie offenbar auf gleiche Weise gegliedert sind, weil sie aus denselben Stücken bestehen, sobald man auf deren specielle Form, Zahl und Befestigungsweise einstweilen nicht achtet, so können wir ein einzelnes derselben zum Gegenstande weiterer Betrachtungen für die Gesamtheit machen. Betrachten wir zu dem Zweck die in Fig. 1 abgebildete junge Pflanze der *Nymphaea*, ohne jedoch dem Samen, aus dem sie entstammt, jetzt schon unsere Aufmerksamkeit zu schenken. Wir finden die Pflanze »gegliedert«, d. h. aus verschiedenen Formelementen

zusammengesetzt; beobachten wir ihr Wachsthum, so finden wir sie sowol nach unten als nach oben an Länge und Masse zunehmend, und wenden nun, unserem



(B. 135.) Fig. 1.

Nymphaea trispala. Keimpflanze in kräftiger Entwicklung, vergrössert. S Samen, aus welchem der Keim rechts hervorgebrochen ist, R Hauptwurzel mit Auszweigungen; RA Adventiwurzeln verschieden Alters, zum Theil mit reichen Auszweigungen; r Verzweigungen der Wurzeln; Co Cotyledonen, mit ihrer Spitze im Samen steckend, zwischen sich die Hauptachse C durchlassend; Ch Hauptachse unterhalb der Cotyledonen (hypocotyles Stengelglied); Fp verkümmertes Primordialblatt; F₁ erstes, F₂ zweites entwickeltes Laubblatt; F₃ oberstes, noch zusammengerolltes und die Stengelspitze verhüllendes Laubblatt. (Nach GAUDICHAUD, l. c.)

Sprossungen (RA) für im Wesen dasselbe wie die erste Wurzel (R) halten, ob-

Sprachgebrauch folgend, sogleich für den abwärts wachsenden Theil den Namen Wurzel an, für den aufwärts wachsenden Theil Stengel. Diese Unterscheidung ist aber nicht auf morphologische, sondern auf physiologische Prinzipien gestützt und genügt uns deshalb nicht; es würde Aufgabe der Experimentalphysiologie sein, zu entscheiden, welche Gründe die beiderseits fortwachsenden Spitzen zu entgegengesetzten Wachstumsrichtungen veranlassen und ob dieselben constant sind. Da die Achse der Pflanze aus der continuirlichen Linie F₃ — C — Ch — R gebildet ist und in ihr irgendwo die Grenze enthalten sein muss, von wo ein Theil aufwärts und der andere Theil abwärts wächst, so erscheint uns in der Homogenität dieser Achse zunächst nur ein Grund dafür zu liegen, dieselbe als eine Einheit aufzufassen, wenn nicht der aufwärts und abwärts wachsende Theil positive Gestaltungsverschiedenheiten zeigen. Man könnte nun leicht zur Untersuchung der Anatomie beider übergehen, um dadurch solche Unterschiede zu erlangen; wir wollen aber der hier einzuhaltenden Methode wegen zunächst die Gliederung beider in's Auge fassen und von der vergleichenden Anatomie nur die Resultate, unter Verweisung auf das betreffende Kapitel einer anderen Abhandlung, geben.

Wurzel und Stengel tragen Sprossungen oder Auszweigungen, wie wir das ihnen Entsprassene zunächst gemeinsam nennen können, aber die Sprossungen beider sind verschieden. Die Wurzel trägt nur einige kleinere, ihrer eigenen Spitze sehr ähnliche Sprossungen (r), welche abwärts wachsen, wie sie selbst; der Stengel aber zweigt sich viel reicher aus. Auch aus seinem oberen Theile gehen Sprossungen (RA) hervor, welche sich äusserlich und innerlich nicht von der Wurzel R unterscheiden lassen, welche selbst wieder kleinere Sprossungen (r) tragen und nach abwärts wachsen. Will man nicht morphologische Regeln aufstellen, welche der Natur zuwider laufen, so muss man diese seitlichen

gleich letztere den Stengel selbst abschliesst und nicht eine seitliche Sprossung desselben vorstellt. Wir sehen daher, dass eine seitliche Sprossung der aufsteigenden Achse die zuerst vorgefundene absteigende Achse in ihrem ganzen Wesen nachahmen kann; der einzige Unterschied, der sich zwischen beiden nachweisen lässt, wenn wir nicht auf den Ort der Entstehung sehen, ist ein zeitlicher: die seitliche Sprossung, welche wir als eine Nebenachse bezeichnen wollen, ist nach der Hauptachse entwickelt. Ausser diesen seitlichen Wurzeln besitzt der Stengel an Ausgliederungen noch zwei kurzgestielte, im Samen verborgene Anhängsel (Co), eine rundlich berandete Schuppe (Fp), und breitere grüne, sofort als Blätter in der Vulgärsprache erkennbare Sprossungen (F₁ und F₂), denen sich bald noch ein drittes (F₃), jetzt noch in sich geschlossenes und die Spitze des Stengels (C) verhüllendes hinzugesellen wird. — Die Wissenschaft lehrt in ihren Fundamentalerscheinungen nur selten etwas absolut Neues; gewöhnlich knüpft sie an schon aus den einfachsten Betrachtungen des Naturmenschen Abstrahirtes und durch tägliche Anschauung uns vertraut Gewordenes und wie selbstverständlich Erscheinendes an, und bildet sich erst dadurch zur Wissenschaft aus, dass sie die mit unbefangenem Auge betrachteten Gegenstände in ein neues Licht setzt und mit einander in eine früher nicht geahnte Verbindung bringt. So operirt nun zumal die Morphologie als ein rein an das von der Natur Gegebene anknüpfender und von Haus aus jeder theoretischen Grundlage entbehrender Zweig der Wissenschaft; wir entnehmen daher dem Volksmunde die Bezeichnung »Blätter« für die eben von uns angegebenen Sprossungen F₁ — F₃ und wollen sehen, ob sie etwas Eigenartiges darstellen. Sie stehen in Abhängigkeit von dem Stengel, weil dieser sie erzeugt und ihre selbständige Existenz unmöglich ist; andererseits aber geben sie dem Stengel erst seinen wahren Charakter, weil er ohne Existenz seitlicher, »Blätter« genannter Auszweigungen ebenfalls nicht vorkommt, wovon man sich leicht bei einer grossen Zahl verschiedener Keimpflanzen überzeugen kann. Sie unterscheiden sich aber von der Wurzel (RA), welche auch als seitliche Auszweigung des Stengels erscheint, dadurch, dass sie ein begrenztes Wachsthum haben und nicht wie erstere selbständig neue Ausgliederungen aus sich hervorspriessen lassen. Dadurch erscheinen also die Blätter als etwas Eigenartiges. Wir haben aber vorhin verlangt, dass diese Fundamental-Componenten der Phanerogamengestaltung das ganze Phanerogamenreich umfassen sollten; wenn wir nun nicht ganz wenige Pflanzen dieser Abtheilung ohne »Blätter« in der Vulgärsprache finden, sondern an deren Stelle mit kleinen, oft noch blattartigen, oft aber auch nur schuppenförmigen und zuweilen kaum unter dem Mikroskop erkennbaren rudimentären Anhängseln besetzt sehen, die aber darin mit den früheren Blättern übereinstimmen, dass sie sich über einander am Stengel abgliedern und ein begrenztes Wachsthum haben, ohne weitere Auszweigungen aus sich hervorgehen zu lassen, so werden wir dadurch zu der Ansicht gelangen, dass die Vulgärsprache den Begriff »Blatte« enger fasst, als die Morphologie es mit dem die seitlichen, nicht weiter sich ausgliedernden Anhängsel bezeichnenden Ausdruck thun darf; denn jene Schuppen sind im Wesen dasselbe. Um nun mit dem uns vertraut gewordenen Begriffe »Blatt« nicht zu brechen, bedienen wir uns des Hülfsausdrucks »metamorphosirt«, und belegen damit solche Ausgliederungen, welche im Sinne der Morphologie, aber nicht in der unbefangenen Betrachtungsweise zu dem zuerst abgeleiteten Begriffe hinzugehören. — Nunmehr wird es uns, wenn wir auf unsere Figur 1 zurückblicken, leicht werden, die bisher noch nicht gedeuteten seitlichen Ausgliederungen des Stengels

über der Wurzel (Co) und unter den »normalen« Blättern (Fp) uns zu erklären: auch sie werden in den morphologischen Begriff des Blattes hineinfallen, müssen »metamorphosirte« Blätter sein, welche eben wegen ihrer eigenthümlichen Gestalt auch sofort eine eigenartige Bezeichnung erhalten haben, indem man das unterste Blattpaar die »Cotyledonen«, das dann folgende rudimentäre Blatt »Primordialblatt« nennt. Unsere Keimpflanze setzt sich also aus drei Systemen zusammen, einem in Stengel und Wurzel zerfallenden Achsentheil, verschiedenen Wurzauszweigungen und verschiedenen, normalen und metamorphosirten Blättern. Die Componenten der Gestalt sind also Stengel, Wurzel und Blatt; diese setzen die Achse und deren Sprossungen zusammen.

Ich behalte die letztere von HOFMEISTER (l. c. pag. 409.) angewendete Bezeichnung »Sprossungen« für die von mir vorhin als Componenten der Gestalt bezeichneten Begriffe bei; die ältere Botanik nannte sie Organe, die drei speciell die Grundorgane. Es ist dagegen einzuwenden, dass nach allgemeinem Uebereinkommen der Begriff eines Organes physiologisch gefasst werden soll, wie in der zoologischen Terminologie. Die Physiologie kann das Blatt als wichtigstes Athmungsorgan bezeichnen, die Wurzel als Aufsaugungsorgan u. s. w.; sie wird dann bei blattartigen Stengeln mit rudimentären Blättern den Stengel als Athmungsorgan nennen, ohne mit der Morphologie zu collidiren. Stengel, Wurzel und Blatt als die Vegetationsorgane zu bezeichnen, ist vom physiologischen Standpunkte und als Gegensatz zu den der Fortpflanzung dienenden Sexualorganen vollständig richtig, und da Stengel, Wurzel und Blatt dieselben bleiben, ob man sie vom physiologischen oder morphologischen Gesichtspunkte aus betrachtet, so kann auch hier der schon lange eingebürgerte Name »Vegetationsorgane« für alle drei zusammengenommenen, in Anwendung bleiben; nur muss man sich über seine Bedeutung klar sein.

Charakter der drei Sprossungsklassen. Wir wollen aber die drei abstrahirten Begriffe nicht selbständige neben einander bestehen lassen, da sie nicht ganz gleichwerthig sind; schon vorhin haben wir als Charakter des Blattes den Stillstand in seiner Entwicklung nach völlig erreichter Grösse kennen gelernt, während der Stengel schon mit der Anlage jedes neuen Blattes ein Stückchen weiter wächst, sich — wie wir alsbald noch genauer betrachten werden — reich verzweigen kann, und diese Sprossungsfähigkeit mit der Wurzel theilt, bei der sie sogar schon im jungen Zustande sich zu zeigen pflegt. Nun ist aber nochmals darauf aufmerksam zu machen, dass an den jugendlichen Pflänzchen der primäre Stengel (d. h. der noch nicht verzweigte Stengel) unterhalb seiner ersten Blätter, der Cotyledonen, ganz allmählich in die Wurzel übergeht; das unter den Cotyledonen gelegene Stengelende wird gewöhnlich darnach als »hypocotyl« bezeichnet, und die äussere Betrachtung kann keine Grenze zwischen ihm und dem oberen Wurzeltheil finden. Die Anatomie zeigt die Grenze als die Stelle an, wo der typische Wurzelbau in den Stengelbau übergeht; aber wenn auch der innere Bau der verschiedenen Function entsprechend verschieden ist, so muss darum doch der primäre Stengel und die primäre Wurzel als eine aus zwei Stücken zusammengesetzte Einheit betrachtet werden; man bezeichnet beide zusammen als Hauptachse, und es ist eine Eigenschaft derselben, dass sie selbständige, Nebenachsen genannte Sprossungen bilden kann; ihre Nebenachsen gleichen im äusseren und inneren Bau der Hauptachse principiell, unterscheiden sich von ihr nur durch ihre Entwicklungszeit, die davon abhängende Grösse und durch Merkmale geringerer Wichtigkeit. Es könnte nach dieser äusserlichen Betrachtung so scheinen, als wenn die eben geschilderte Hauptachse sich gleichmässig aus Stengel und Wurzel zusammensetze, weder der Stengel der Wurzel, noch die Wurzel dem Stengel ihre Gegenwart verdankte. Allein die Entwicklungsgeschichte des Samens, aus dem der Keimling entstand

lehrt es uns anders; der Stengel allein ist das primäre und ursprüngliche, und in ihm ist die Hauptwurzel entstanden mit einem Vegetationspunkt, welcher dem seinigen in der Wachsthumssrichtung direkt entgegengesetzt ist; die erste Anlage der Hauptachse betrifft nur den Blätter-erzeugenden Theil derselben, und dieser producirt aus sich selbst heraus die scheinbar continuirlich ihn nach hinten abschliessende Wurzel. Diese Ungleichwerthigkeit verbietet, Stengel und Wurzel als einen morphologisch gleichwerthigen Begriff zu bezeichnen; ein solcher Begriff muss aber sogleich dafür geschaffen werden, damit wir nicht an dem eine specielle Ausbildung der aufwärts wachsenden Hauptachse bezeichnenden Ausdruck »Stengel« haften bleiben. Denn blicken wir in der Fülle der Phanerogamenwelt um uns, so finden wir eine sehr verschiedene Ausbildung des primären Stengels von der Hauptachse gestauchter Rosetten an bis zu mächtigen Holzstämmen; und da die Nebenachsen ebenso gebaut sind und die Hauptachse in ihren Eigenschaften wiederholen, so müssen sie — abgesehen von ihrer Altersfolge — mit demselben Gemeinbegriff bezeichnet werden, und man hat in der heutigen Botanik dafür den Namen Caulom eingeführt. Der Ableitung dieses Wortes von *καυλός* würde für den Allgemeinbegriff der Wurzeln mit ihren Verzweigungen die Ableitung des Wortes Rhizom von *ῥιζα* durchaus entsprechen; leider hat die botanische Terminologie schon seit langer Zeit von dem Worte *ῥιζωμα* Gebrauch gemacht, um etwas durchaus anderes, eine besondere Stengelausbildung, nicht unzweckmässig damit zu bezeichnen, und es scheint gewagt, hier eine Aenderung in der Anwendung eines sehr bekannten Begriffes vorzunehmen. Man hat die Wurzeln, deren Ausbildung im Phanerogamenreich eine viel gleichmässigere ist als die der Caulome, deshalb einfach als Wurzeln bezeichnet, und dies wird auch meistens für uns genügen; aber um den Gegenstand zu den übrigen Sprossungen auszudrücken, will ich mir mit dem von dem Adjektiv *ῥιζικός* abgeleiteten Worte Rhizicom aushelfen. Wir würden dann die Hauptachse zerlegt haben in einen Caulomtheil und einen von ihm in Bildungszeit und Stellung abhängigem Rhizicomtheil; der erstere charakterisiert sich dadurch, dass er Blätter aus sich herausgliedert, der letztere durch deren stete Abwesenheit; die Caulome erscheinen daher als die morphologischen Begriffe erster Ordnung, weil die übrigen sich in Zeit und Ort ihrer Anlage auf sie zurückbeziehen. — Aber auch für die Blätter wollen wir einen allgemeineren Namen einführen, welcher der Morphologie insofern besser dienen kann, als er nicht sogleich an die mit dem Begriff »Blatt« für gewöhnlich verbundene Vorstellungswweise erinnert. Wir hatten schon verschiedene Klassen von Blättern kennen gelernt, und die durch abweichende Form ausgezeichneten »metamorphosirte« genannt, weil wir den Begriff erweitern mussten; alles, was derselbe nun nach seiner Erweiterung in sich schliesst, nennen wir Phyllome; ein Blatt der gebräuchlichen Auffassung gehört zu den Phyllomen, aber nicht jedes Phyllo passt in die Erscheinungsform eines »Blattes«.

Die Entwicklungsgeschichte lehrt einige wichtige Unterschiede zwischen den Phyllomen und Caulomen, die in zweifelhaften Fällen als Erkennungsmerkmale angewendet werden. Die Phyllome nehmen ihren Ursprung zunächst in den unter der Epidermis liegenden, dem Grundgewebe angehörenden Zellen (vergl. den betreffenden Abschnitt in der vergleichenden Anatomie!) und zwar nach WARMING [l. c.] meist in der 2., 3., seltener 4. Zellreihe, zuweilen auch nur in der 1. Reihe oder gar im Dermatogen [in den Blüthenregionen der Phanerogamen]; die zu den Caulomen zu rechnenden Sprossungen bilden sich meist in der

2. bis 4. Zellreihe und treten sogleich in eine andere Differenzirung. Da die Entwicklung stets an den jugendlichen Spitzen zu suchen ist, wo die Zellen noch nicht die später deutlich verschiedene Ausbildung erlangt haben, und wo HANSTEIN das Meristemgewebe nach Ausschluss des die spätere Epidermis bildenden Dermatogens in einen äusseren Cylindermantel, das Periblem, und einen inneren stumpfen Kegel, das Plerom zerlegt, so können wir die Entwicklung der beiden eben genannten Klassen mit Bezugnahme auf ihre örtliche Entstehung gemeinsam als exogen angelegt bezeichnen, da man überhaupt die sich aus Theilungen des Periblems bildenden Sprossungen so zu nennen pflegt. Nur einige wenige Ausnahmen von Stengelverzweigungen sind bekannt, in denen sich die Zweige so tief im Innern anlegen, dass das Plerom bei den Zelltheilungen in Mitleidenschaft gezogen wird; in dem letzteren Falle bezeichnen wir die Anlagen als endogen, und diese Bildung findet statt bei den Wurzeln (den Rhizocomen), welche dadurch in einen scharfen Gegensatz zu den aus der Hauptachse austretenden Zweigen und Blättern gestellt werden. Schon die Bildung der ersten Hauptwurzel an der primären Hauptachse eines Keimlings ist als eine tief endogene zu bezeichnen. — So verschieden Caulome und Phyllome in ihrer weiteren Ausbildung meistens auszuwachsen pflegen und so leicht demnach ihre sichere Unterscheidung zu sein scheint, so schwierig ist es der entwicklungs geschichtlichen Morphologie, auch in den Anlagen ganz durchgreifende Unterschiede aufzuspüren. Dies hat WARMING [l. c.] Veranlassung gegeben, die Unterscheidung von Phyllomen und Caulomen als minder wichtig, als man bisher annahm, zu betrachten, und er bezeichnet daher beide zusammen als Epiblasteme; allein wenn ich diesem Autor auch von seinem Standpunkte aus vollkommen zustimmen muss, so ist doch für alle weiteren Untersuchungen, die wir vorzunehmen haben, das Getrennthalten von beiden Klassen der Epiblasteme zu wichtig, als dass ich es aus den Augen verlieren könnte. —

Wir dürfen aber diesen kurzen Hinweis auf Anatomie und Entwicklungs geschichte nicht verlassen, ohne den vorhin angedeuteten Unterschied zwischen Wurzel und Stengel (Rhizocom und Caulom der Hauptachse) noch etwas schärfer zu fassen. Die Stengelspitze entwickelt in regelmässigen Abständen unter sich und von ihrer eigenen Spitze aus ihrem Periblem die Phyllome und in ihren Achseln ihre Caulomverzweigungen; sehen wir zunächst von den in dem Phanerogamenreich vorhandenen Ausnahmen ab, so stehen typisch die Verzweigungen des Stengels (soweit sie eben als Caulome gelten müssen) in den Achseln, d. h. an den unmittelbar über den Einfügungsstellen befindlichen Punkten der Phyllome; jeder Stengelzweig ist achselständig (axillär), und jede Blattachsel ist im Stande, einen Stengelzweig in sich zur Entwicklung kommen zu lassen.

Verhältnissmässig wenige Ausnahmen sind bekannt, wo die Zweige wenigstens scheinbar nicht in den Achseln, sondern neben oder hoch über denselben entspringen; man nennt diese extraaxillär, und der Versuch, diese aussergewöhnliche Stellung mit den aus der Mehrzahl der Fälle abgeleiteten Regeln der Morphologie in Einklang zu bringen, ist oft sehr schwer, zuweilen unmöglich ohne Deutungen, welche mindestens gezwungen erscheinen. Oft stellen sie sich allerdings nur als Folge einer Verschiebung heraus, wie z. B. nach ENGLER bei den Araeaceen *Acorus*, *Raphidophora* und *Monstera*; ebenso bei der Palme *Calyptrogyne*, wo die Blüthenkolben seitlich neben den Tragblättern erscheinen; aber so einfache Erklärungen lassen sich nicht immer geben. So ist man in gewissen, später genauer zu erörternden Fällen jetzt dazu gelangt, eine ganz andere Verzweigungsart, die dorsiventrale, als normal gültig anzuerkennen, welche von der vordem allein als normal anerkannten axillären Vereinigungsart sich dadurch unterscheidet, dass den Seitenzweigen die Stützblätter in der Anlage und Ausbildung fehlen. —

Durch die Correlation zwischen Blattachsel und Stengelzweig lässt sich die frühere Stellung von abgefallenen Blättern aus den noch gegenwärtigen Zweigen erkennen und umgekehrt lässt sich aus der Blattstellung und Zahl wenigstens die theoretisch mögliche Verzweigung erkennen; obgleich jede Blattachsel einen Zweig tragen kann, finden sich nicht selten reich beblätterte Pflanzen (Palmen!), ohne einen einzigen Zweig entwickelt zu haben; aber nicht allein zeigen solche Pflanzen zur Blüthezeit dann die Entwicklung axillärer Zweige, sondern es lassen sich auch in den schon sehr lange zweiglos gewesenen Blattachsen noch durch physiologische Mittel an den richtigen Stellen Verzweigungen zur Entwicklung bringen. — Die reichsten Verzweigungen findet man an unseren Laubbäumen im Hochsommer als axillär stehende für das nächste Jahr bestimmte Knospen angelegt.

Bei der Entwicklung der Fibrovasalstränge, deren kein selbständiger Theil irgend einer phanerogamen Pflanze entbehrt (wenn nicht etwa die Podostemaceen hier eine Ausnahme machen), bilden sich dieselben im jugendlichen Blatt und Stengel an der Verbindungsstelle gemeinsam; dieselben führen daher im Stengel den Namen »Blattspurstränge«, weil sich aus ihrer Zahl und Stellung ein Rückschluss auf die Blattstellung machen lässt, und hier eine ganz andere, aber noch viel innigere Correlation besteht, als zwischen Blattstellung und Verzweigung. In der jugendlichen Stengelspitze lassen aber die Fibrovasalstränge die organische Achse frei, welche von den Markparenchymzellen eingenommen bleibt, und die Stränge selbst bestehen aus innig verbundenen und oft nach strenger Sonderung gruppierten Phloëm- und Xylem-Elementen. In der Regel ist die fortwachsende Stengelspitze durch eine Zone von noch nicht völlig ausgewachsenen, aber in der Wachsthumsgeschwindigkeit ihr selbst vorausgeeilten Phyllomen umhüllt und geschützt.

Der Wurzel fehlen die Phyllome; wo sie Sprossungen bildet, sind dies — wir betrachten zunächst nur das regelmässige Verhalten — Wurzelzweige, welche als Rhizome wiederum endogen entstehen; da diese überall angelegt werden können und die Wurzelverzweigungen nicht an die Gegenwart der Phyllome mit ihren Achseln gebunden sind, so fehlt der Wurzel meistens jene Regelmässigkeit und strenge Anordnung ihrer Sprossungen, welche wir beim Stengel fanden. Aus dem Mangel der Phyllome leiten sich auch die weiteren inneren Structurverschiedenheiten ab, wie denn überhaupt eine innere und eine äussere morphologische Untersuchung stets zu denselben Resultaten führen, sobald nicht eine der beiden einen falschen Weg einschlägt.

In der Gemeinsamkeit der Resultate liegt der Ausgleich begründet zwischen den zwei morphologisch-systematischen Methoden in der Botanik, welche sich in ihrer neueren Entwicklung herausgebildet hatten. Während die entwicklungsgeschichtliche Botanik nur das als richtig anerkennen wollte, was sie aus den Zelltheilungen erkannt und in deren Wachstumsweise begründet hatte, ignorirte die comparative Botanik leider allzu lange deren Resultate und fuhr fort, durch stetige Vergleichung der äusseren Gliederung ihren Weg zu bahnen. Nachdem die hohe Bedeutung der entwicklungsgeschichtlichen Methode endlich in den maassgebenden Kreisen anerkannt war und die Herrschaft erlangt hatte, beschuldigten nun ihre Anhänger die andere, bald in Verfall gerathende Methode der Unwissenschaftlichkeit. Da sich aber beide ergänzen und controlliren, so kann nur aus dem gemeinschaftlichen Vorgehen auf beide Weisen ein sicherer Fortschritt auf dem besagten Gebiet erzielt werden, und ich selbst kann mir keine sicher begründete morphologische Doctrin und keine natürlich abgegrenzte und mit wirklich brauchbaren Charakteren begrenzte Pflanzengruppe denken, ohne dass dabei die Vergleichung des Aehnlichen und die die Entwicklung verfolgende biologische Methode in der erfreulichsten Weise zusammengewirkt hätten.

Es bedürfen aber trotz des Blattmangels die Wurzelspitzen beim Fortwachsen nach abwärts einer Schutzentwicklung ebenso wie die Stengelspitzen, und so erfüllt

die aus den am Wurzelscheitel liegenden Dermatogenzellen entstehende und rings um die Spitze abgegliederte Calyptra oder Wurzelhaube vollständig diese physiologische Forderung und liefert zugleich ein treffliches Erkennungsmerkmal für die Wurzelspitze. Im Innern entstehen aus dem Pleromkörper die Fibrovasalstränge selbständig, und nachdem zuerst auf einem Ringe mit einander abwechselnd Phloëm- und Xylelemente neben einander gelagert sind, wachsen letztere centripetal in das zuerst freigelassene Achsengewebe der jungen Wurzel hinein und bringen dasselbe zum völligen oder partiellen Verschwinden, so dass in den Wurzeln harte Fibrovasalelemente an Stelle der weichen Markzellen im Stengel allein oder zum grössten Theile zu finden sind.

Auch diese Verschiedenheit ist eine physiologische Nothwendigkeit. Die Wurzel kann ihre Functionen nur dadurch genügend erfüllen, dass sie in ihren jugendlichen und weichen Theilen (von jungen Wurzeln ist hier überhaupt nur die Rede) biegsam und krümmungsfähig bleibt; wogegen dem Stengel in der Regel die Rolle des Stützens zufällt. Daher ist für den letzteren das Princip der starkwandigen Säule im Bau maassgebend, für die Wurzel das Princip eines schmiegsamen, aus centralen Drähten und peripherischen Fasern oder Gummimassen zusammengesetzten Kabels. Diese mechanische Nothwendigkeit in der inneren Structur ist, wie mir scheint, zuerst von SACHS hervorgehoben worden, und neuerdings von SCHWENDENER (Mech. Princ. d. Monoc.) an einem Theile phanerogamer Organe trefflich ausgeführt. — Es kann aber nicht genug dieser Zusammenhang zwischen Gestalt und Function der einzelnen Pflanzenteile hervorgehoben werden, weil nur so die Lehren der Morphologie nicht als unerklärliche Thatsachen sondern als mit den Zwecken der Pflanze innig vereinbart und dadurch wissenschaftlich begründet erscheinen.

Mit diesen wenigen Worten über den innern Bau und die Entwicklung der Caulome und Phyllome will ich nur auf die hier aus der »Vergleichenden Anatomie« zu ergänzenden Kapitel hinweisen, ohne deren Reichhaltigkeit auch nur angedeutet zu haben. Dem Rahmen dieser Abhandlung entsprechend müssen wir uns zu unserer eigenen Betrachtungsweise weiter wenden, nachdem dieselbe sich in Bezug auf die Charakterisirung der Achse und ihrer Sprossungen durchaus nicht so ergiebig gezeigt hat als die Entwicklungsgeschichte.

Die Trichome. Jedenfalls haben wir eine gute Uebereinstimmung in den Endresultaten gefunden, zumal in der Zusammengehörigkeit von Caulomen und Phyllomen bei ihrem Hervorsprossen aus derselben Achse, und dem Gegensatz, den die Wurzeln dabei zeigen. Wenn man nun die angegebene entwicklungsgeschichtliche Unterscheidung derselben als eine Forderung ansieht, auf diesem Wege überhaupt die wichtigsten morphologischen Eintheilungen zu bilden, so gelangt man consequenter Weise noch zu einem dritten Begriff, zu dem der Trichome; während nämlich die bisher betrachteten Sprossungen sich aus dem Plerom und Periblem¹⁾ HANSTEIN's bildeten, leiten sich die Trichome aus dem die Epidermis bildenden Dermatogen ab. Ich habe hier den allgemeinen Begriff, Trichom, vorangestellt; sehen wir uns im Pflanzenreich nach dahin gehörigen Sprossungen um, so finden wir in den verschiedenen Haaren auf Blättern, Stengeln und Wurzeln die reichste Auswahl. Es gibt aber nun sowol noch andere, sich aus dem Dermatogen oder wenigstens aus einer einzelnen oberflächlichen Zelle bildende Trichome, welche nichts weniger als Haarbildungen der natürlichen Betrachtungsweise sind, als auch gibt es eine grosse Zahl starker Haarbildungen, welche wir ihrer Festigkeit wegen Stacheln zu nennen pflegen, und die ihren Ursprung durchaus nicht aus den Dermatogenzellen allein nehmen.

¹⁾ Schon oben ist angeführt, dass in der Blüthenregion auch Phyllome unzweideutiger Art sich aus dem Dermatogen bilden können.

Es ist also mit dem Begriff der Trichome nicht viel anzufangen, und wir werden dies in einem späteren Kapitel noch genauer zu erörtern haben; am wenigsten aber darf das Trichom unter die Gestalt-bestimmenden Componenten ersten Ranges, in eine Linie mit den Achsenorganen und deren normalen Sprossungen gestellt werden, schon weil es nicht wenige Phanerogamen gibt, welche wenigstens in ihren vegetativen Organen der Trichome durchaus entbehren.

Thallom-Phanerogamen. Aber dies führt uns zu der Frage zurück, ob die Gliederung der Phanerogamen in Caulome, Phyllome und Rhizome, oder wie früher an der Keimpflanze gezeigt wurde, in wirkliche Wurzeln, Stengel und Blätter ausnahmslos bei allen zu finden sei; denn dies war eine Forderung, die wir an die Fundamenteintheilung der Sprossungen einer natürlichen Abtheilung des Pflanzenreichs stellten.

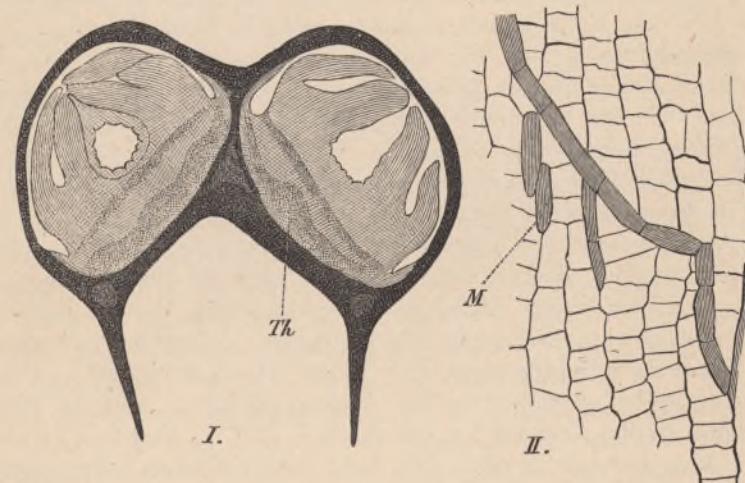


Fig. 2. (B. 136.)

Pilostyles Hausknechtii SOLMS. I. Querschnitt durch den Blattgrund von *Astragalus leiocladus*, in welchem zwei junge Pflanzen von *Pilostyles* wuchern. Das Gewebe der Nährpflanze ist dunkel schraffirt, der Parasit heller gehalten; Th der parasitische Thallus, welcher nach aussen die Blüthe entwickelt. (Schwach vergrössert.) — II. Längsschnitt durch das Mark des *Astragalus*, in welchem die vom Thallus ausgehenden Myceliumfäden (M) wuchern; 160fach vergrössert. (Nach SOLMS-LAUBACH, I. c.)

Hier haben wir nun zu unterscheiden, ob wir von der Phanerogame auf der höchsten Stufe ihrer Mannigfaltigkeit in morphologischer Entwicklung sprechen, welche zur Zeit der Blüthen- und Fruchtbildung stattfindet, oder ob wir nur von deren Vegetationsorganen sprechen. Das Letztere zu thun, sind wir hier gezwungen, weil die Blüthenbildung uns in ihrem morphologischen Werthe bisher noch ganz fremd geblieben ist.

Es gibt nun allerdings gewisse, wenige Phanerogamen, in deren Vegetationsorganen die Ausgliederung von Achse und Sprossungen, deren Differenzirung genannt, fehlt, wo die vegetative Masse, anstatt differenziert zu sein, einen nach Art der Pilze äusserlich homogenen Thallus bildet. Eine solche, sehr von dem Phanerogamen-Typus abweichende Pflanze beschrieb SOLMS-LAUBACH [Bot. Zeitg. 1874 No. 4 u. 5, Taf. I.]; es ist die Rafflesiacee *Pilostyles Hausknechtii*, von der ich in Fig. 2. eine Abbildung entlehnt habe. Die Pflanze lebt (in Syrien und Kurdistan) parasitisch auf den Blättern mehrerer dorniger *Astragalus*-Sträucher und

bewirkt nach ihrer Blüthe deren Absterben, und zwar trägt jedes befallene Blatt der Nährpflanze an seiner Basis jederseits seiner Medianlinie je eine parasitische Pflanze. Letztere besitzt, wie die Fig. 2, I. zeigt, keine langgestreckte Hauptachse, keine Wurzel, kein Blatt; sie bildet vor der Blüthe einen napfförmigen Kuchen, aus welchem dann später die Blüthen hervorspriessen. Nur eine Ausgliederung zeigt sich daran: es gehen von ihm gegliederte, aus einer verzweigten Zellreihe gebildete Fäden aus (Fig. 2, II), welche das Markgewebe der wie sonst ausgegliederten Nährpflanze durchsetzen und von SOLMS-LAUBACH passend mit den, aus dem Gewebe der Pilze bekannten Myceliumfäden verglichen werden; diese gelangen zu den weiter aufwärts sich neu am Stammscheitel des *Astragalus* bildenden Blättern und bilden in ihrem Grunde eine neue, bald selbständig sich weiterbildende parasitische Pflanze; diese Fäden etwa mit Wurzeln verglichen zu wollen und die sie erzeugende Achse demnach nur als blattlos zu bezeichnen, verbietet sowol die Entwicklungsgeschichte, wie die Wachstumsart und die Tendenz dieser Fäden. —

Wir haben also in diesem Beispiele, dem sich noch leicht mehr anreihen liessen (namentlich die bekanntere Gattung *Cytinus* und die meisten Repräsentanten der Balanophoraceen, s. EICHLER in »Flora brasiliensis«, Fasc. 47!), eine höchst merkwürdige Wiederholung der Erscheinungsform niedriger Thalluspflanzen, der Pilze, in den vegetativen Organen der Phanerogamen.

Diese Ausnahme von den aufgestellten Regeln erscheint gravirend; allein es ist dabei zu bemerken, dass wahrscheinlich die Keimung dieser Pflanze, deren Entwicklung aus dem Samen bisher noch unbekannt ist, in sehr jugendlichen Stadien wenigstens eine Andeutung der Verhältnisse zeigen würde, welche wir oben bei der normalen Differenzirung aus dem Samen schilderten. Der Entwicklungsgang ist bei *Pilosyles* nur ein entgegengesetzter: während sonst die Ausgliederung von der Keimung an eine reichere wird, so bleibt sie hier auf der einfachsten Stufe stehen oder geht sogar dadurch zurück, dass Sprossungen nicht ausgebildet werden, deren Anlage dem Samenbau nach zu erwarten und deren Entwicklung also prinzipiell möglich war. Und fragen wir uns nun nach dem Grunde dieses verschiedenartigen Entwicklungsganges, so liegt er wieder in physiologischen Verschiedenheiten; dieser vollkommene Parasit bedarf zu seiner Entwicklung nur eines breiten Verbindungsstückes mit der Nährpflanze, um leben und sich fortzupflanzen zu können; zu seiner vegetativen Vermehrung dienen ihm jene im Marke wuchernden Mycelfäden; so einfach dieser Prozess erscheint, so genügend ist er, der Thatbestand beweist es ja. Die vollkommen ausgebildete Nährpflanze versieht durch ihre reiche Gliederung alle die Forderungen, welche die Lebenserhaltung ihres Parasiten stellt, ist gewissermaassen für denselben mit differenzirt. Nur wenn der Parasit zur sexuellen Vermehrung schreitet, ist er auf eigene Sprossungstätigkeit nach den Regeln phanerogamer Blüthenbildung angewiesen, und alsdann bildet er wirklich Phylome aus, treibt aber natürlich auch dann keine Wurzeln. Der geschilderte Ausnahmezustand darf uns also nicht überraschen und in dem Vertrauen auf die festgestellten allgemeinen Regeln phanerogamischer Differenzirung erschüttern, da wir schon oben das zwingende und Ausnahmen hervorruhende Uebergewicht der mechanisch-physiologischen Grundprinzipien kennen gelernt haben.

Das Fehlen einzelner Sprossungsklassen. — Hierfür lassen sich noch neue Beweise aufzuführen; so zunächst die Wurzellosigkeit nicht ganz weniger im Wasser untergetaucht lebender Phanerogamen, wie *Aldrovanda vesiculosa* L.,

(vergl. dieses Handbuch, pag. 127), die Species der Gattungen *Myriophyllum*, *Ceratophyllum*, viele Arten von *Utricularia* (vergl. l. c. pag. 134), soweit sie im Wasser schwimmen, und andere mehr; sie gehören sehr verschiedenen Familien des natürlichen Systems an und zeigen durch die nächsten verwandtschaftlichen Beziehungen zu solchen Pflanzen, bei denen die Wurzelausbildung ganz normal erfolgt, wie wenig der Natur darauf ankommt, eine Wurzel nicht zur Ausbildung gelangen zu lassen, die physiologisch unnütz ist; die völlig untergetauchten und dabei frei schwimmenden Wasserpflanzen bedürfen der Wurzeln weder zur Erhaltung der für sie nothwendigen Lage im Raum, noch zum Aufsaugen des Wassers. Von sehr grosser Wichtigkeit ist für uns aber, dass im Samen die Wurzel angelegt ist und nur bei der eigenartigen Ausbildung der betreffenden Wasserpflanzen unterdrückt wird; denn daraus geht hervor, dass die besprochenen Ausnahmen nur gewisse Stadien im Leben der genannten Pflanzen betreffen, aber nicht durchgreifend auf einen im Wesen verschiedenen Aufbau hinweisen; ja es geht sogar daraus hervor, dass jene Ausnahmen bei den genannten Arten fortfallen würden, sobald sie in Lebensverhältnisse gebracht würden, welche sie zwängen, von den unterdrückten Anlagen Gebrauch zu machen.

Die Blattlosigkeit ist scheinbar unter den Phanerogamen nicht selten, in Wirklichkeit aber viel seltener, als die unter den genannten Umständen auftretende Wurzellosigkeit. Man darf wol behaupten, dass nur in den Fällen, wo, wie bei *Pilosyles*, auch die normale Ausbildung einer äusserlich fest begrenzten Hauptachse unterbleibt und die Differenzirung damit völlig herabgedrückt wird, dass nur in diesen Fällen auch eine wirkliche Blattlosigkeit damit verbunden ist. Sehr viele, gut gegliederte Phanerogamen scheinen keine Blätter auszubilden, aber sie unterdrücken nur deren an den normalen Stellen in der grössten Regelmässigkeit angelegten Anfänge in ihrem weiteren Wachsthum (s. unten!). Und so sehen wir denn also, dass zwar die Sprossbildung und Differenzirung der Phanerogamen tatsächlich nicht nach ganz gleichen und dieselben gestaltbestimmenden Componenten liefernden Regeln erfolgt, dass aber der Typus aller ein gleichartiger und nach den auseinandergesetzten Regeln gebildeter ist, den wir deshalb als wissenschaftlich richtige Grundlage für die vegetativen Organe derselben annehmen können. Die Ausnahmen erklären sich sämmtlich aus der im Leben jeder einzelnen Art, jedes einzelnen Individuums eigenartig und durch alle äusseren Einflüsse modifizirt auftretenden Mechanik des einfachsten Zusammenwirkens aller vegetativen Organe zur Erreichung der Lebensaufgaben. —

Regeln für die Gliederung. — Nunmehr müssen wir die Sprossungsfähigkeit der verschiedenen Sprossungen, des Stengels, der Wurzel und des Blattes, nochmals eingehender betrachten. Nach dem oben Geschilderten soll der Stengel die Fähigkeit haben, sich in weitere Zweige auszugliedern, welche in den Blattachsen stehen und die Eigenthümlichkeiten der sie bildenden Hauptachse durchaus wiederholen; der Stengel hat aber in seiner Charakterisirung auch die Eigenschaft, Blätter, oder besser gesagt Phylome auszubilden, und endlich haben wir auch schon an der zuerst betrachteten Keimpflanze von *Nymphaea* (Figur 1) Wurzeln aus ihm entspringen sehen, welche in ihren Eigenschaften und äusserlichen Charakteren durchaus der die primäre Stengelachse unten abschliessenden und ihr entsprossenen Hauptwurzel glichen und dieselbe sogar bald im Wachsthum überflügelten. Wir sahen, dass der Wurzel die Blätter fehlten, und da wir den Stengelzweigen ihren normalen Platz in den Blattachsen angewiesen haben, so muss bei dem als typisch angenommenen Verhalten den

Wurzeln auch die Fähigkeit, Stengelzweige hervorzubringen, abgehen; dagegen haben sie eine ausgedehnte Fähigkeit zu einer gleichartigen Sprossbildung, bilden also Wurzelzweige in voller Freiheit der Zahl und des Ortes. Endlich haben wir das Blatt als eine Sprossung beschrieben, deren Hauptcharakter gerade in dem begrenzten Wachsthum, in der nicht vorhandenen Möglichkeit sich weiter zu verzweigen und neue selbständige Gebilde hervorzubringen, lag; und so sehen wir denn die Sprossbildungsfähigkeit vom Stengel zum Blatt hingerechnet successive abnehmen.

Halten wir einstweilen daran fest, obgleich wir alsbald diese Regeln durch Ausnahmen gestört finden werden, um das Verhältniss der Sprossungen zu einander festzustellen. Der Stengel ist in Bezug auf die von ihm getragenen Blätter eine Abstammungssachse, ebenso in Bezug auf die von ihm ausgehenden Stengelzweige und Wurzeln; ebenso ist die Wurzel in Bezug auf die von ihr ausgehenden Wurzelzweige eine Abstammungssachse, das Blatt ist dagegen nicht als solche zu bezeichnen. Die von Stengel und Wurzel ausgehenden neuen, jüngeren Stengel- und Wurzelzweige können sich nun wiederum verzweigen, und jedenfalls müssen die Stengelzweige Phyllomen als Abstammungssachsen dienen, sofern sie ihrem Charakter entsprechen wollen. Die neu entstehenden Verzweigungen haben wiederum dieselbe Verzweigungsfähigkeit, und so setzt sich ein vielfach ausgeliederter Pflanzenkörper, wie ein Laubholzbaum, aus einer grossen Zahl ungleichaltriger und deshalb ungleichwerthiger Verzweigungssysteme zusammen. Die zuerst vorhandene Achse muss für jedes selbständige Individuum die Hauptachse des keimenden, einen beblätterten Stengel nach oben und eine blattlose Wurzel nach unten entsendenden Keimpflänzchens sein, welche wir deshalb schon früher als primär bezeichneten, während alle folgenden Abstammungssachsen ihrem Alter, auf die jedesmalige Abstammungssachse bezogen, entsprechend als secundäre, tertiäre allgemein als Achsen erster bis n -ter Ordnung bezeichnet werden.

In der Praxis würde es oft schwierig und oft sogar unmöglich sein, den völlig richtigen Rang irgend einer Sprossung, auf die absolut primäre Achse der betreffenden Pflanze bezogen, anzugeben. Untersucht man z. B. die Sprossungsverhältnisse irgend eines abgebrochenen Baumzweiges in sich, so würde es eine ebenso langwierige als unnütze Mühe sein, nachzuforschen, das wievielte Sprossungsglied des verzweigten Stammes derselbe ist, da er aber in seinem Wesen von der Hauptachse nicht verschieden ist, sondern nur in dem Range, welchen er an dem ganzen Baume einnahm, so abstrahirt man vom letzteren und sieht ihn selbst für die betreffende Untersuchung als Hauptachse an, der man zum Unterschiede von der absoluten, zum Stamm gewordenen primären Achse des Baumes die Bezeichnung relativ hinzufügt. Man hat dadurch ein leichtes Mittel in der Hand, das Vorkommen von unnöthig hohen und die Begriffe leichter verwirrenden Rangzahlen zu vermeiden, zumal oft die auf die relative primäre Achse eines Pflanzenteiles bezogenen Ableitungen ein viel höheres Interesse haben, als die absoluten Rangzahlen. —

Die Auseinanderfolge der Blätter am fortwachsenden Stengel und dessen Zweige ist eine regelmässige (s. Abschnitt II.); jedes jüngere Blatt steht über jedem älteren an derselben Abstammungssachse entstandenen, und zwischen schon vorhandenen Blättern werden niemals neue angelegt; wo eine solche Anlage scheinbar stattfindet, beruht sie auf der Beblätterung unterdrückter Stengelzweige, deren jeder gerade so von unten nach oben Blätter entwickelt wie die Achsen höherer Ordnung. Diese strenge Auseinanderfolge darf als ein Fundamentalgesetz für die Auszweigungsart der Phanerogamen betrachtet werden (findet sich

auch ebenso bei Moosen und Gefässkryptogamen), und wird als *acropetale* Entwicklung bezeichnet.

Es ist wol zu bemerken, dass wir hier zunächst nur von den Vegetationsorganen reden; in der Blüthe darf die strenge Acropetale in der Bildung der Phyllome mindestens angezweifelt werden und hat wol wirkliche Ausnahmen, sogar in den den eigentlichen Blüthenphyllomen vorausgehenden Hochblattkreisen. Davon wird am betreffenden Orte die Rede sein; der allgemeine Grund ist der, dass Vegetationspunkte eingeschaltet werden können und dass diese zu neuen Sprossungen Veranlassung geben.

Von HOFMEISTER [l. c. pag. 411] ist in voller Schärfe hervorgehoben, dass zwischen dem Alter einer Aussprossung und deren Dignität insofern eine constante Beziehung herrscht, dass immer die Sprossung höherer Dignität sich vor der Sprossung niederer Dignität bildet, was besonders scharf dann hervortritt, wenn man dem Beispiele HOFMEISTER's und vieler anderer Autoren folgend die Trichome als eine Sprossungsklasse neben die der Phyllome und Caulome stellt. Alsdann legten sich die letzteren immer zuerst an den Abstammungssachsen an, die jungen Stengelzweige also vor den Blättern, welche sie in ihrer Achsel tragen (vor den Stützblättern), und diese entstehen wiederum früher als irgend welche Haarbildungen an den betreffenden Theilen der Abstammungssachse sich zeigen. Diese Reihenfolge in der Entstehung ist aber von WARMING [l. c.] in seinen entwicklungsgeschichtlichen Untersuchungen ebenso scharf widerlegt worden, wenigstens in der die Reihenfolge von Caulom- und Phyllom-Anlagen betreffenden Angabe. Nach ihm ist es für die vegetativen Achsenanlagen, von denen wir einstweilen allein sprechen, eine allgemeine Regel, dass sie lange nach den sie stützenden, sogen. Tragblättern und erst viel tiefer am Stengel angelegt werden, als die Blätter selbst. Dieses Verhältniss scheint sich für die Caulombildungen in den Blüthenregionen insofern umzudrehen, als dort häufiger (aber durchaus nicht immer) die Seitenachsen vor ihren Tragblättern angelegt werden, ja oft sogar ohne irgend ein Tragblatt, dessen Anlage ganz unterdrückt wird. Da sich HOFMEISTER [l. c.] hauptsächlich auf Beispiele in den Blüthenregionen gestützt hatte, so ist der auffallende Widerspruch beider Angaben gelöst. Da man aber die vegetativen Organe als Norm gebend betrachten muss, so ist dem WARMING'schen Gesetze der Vorrang einzuräumen. Und sobald man ohne Zu-hilfenahme der Anatomie die Entstehung zeitlich verfolgt, scheint sogar in Bezug auf die Trichome oft gerade das Gegentheil daraus hervor zu gehen, allerdings mit Unrecht. Man bemerkt nämlich nicht selten die fortwachsenden Stengelspitzen dicht in ein Haarkleid eingehüllt, welches schon eine mächtige Grösse zeigt, wenn die Blätter äusserlich kaum sichtbar hervortreten; man bemerkt ferner stets die Stengelspitzen von den jugendlichen, noch nicht ausgebreiteten Blättern umhüllt, so dass die genetische Spitze jedes Zweiges erst durch einen medianen Längsschnitt sichtbar wird. Diese Täuschung wird dadurch veranlasst, dass nicht dieselbe Reihenfolge in der Entwicklungsgeschwindigkeit herrscht wie in der Anlage der Sprossungen; die Blätter eilen in ihrem Wachsthum den sie producirenden Stengelspitzen sehr rasch voraus, übertreffen darin die in ihren Achseln sich anlegenden Zweige ausserordentlich und werden selbst meistens von einem gewissen Zeitpunkte an, von den an ihnen selbst hervorspriessenden Haaren weit übertroffen, die ihr Wachsthum am schnellsten vollenden. Die nöthigen Schutzeinrichtungen zur Erhaltung der alles Leben enthaltenden Achsen spitze verlangen es so. Ja es ist gar nicht nöthig, dass die zur bestimmten Zeit angelegten Sprossungen, wie namentlich die Stengelzweige, überhaupt in

ein intensiveres Wachsthum eintreten; sie können auf dem unvollendeten Standpunkte, den sie bald nach ihrem ersten Sichtbarwerden einnahmen, lange Zeit, vielleicht für immer, stehen bleiben, während die Sprossungen geringerer Dignität rasch ihre normale Grösse erlangen; aber niemals hört damit die Möglichkeit für die unentwickelt ruhenden Aussprossungen auf, sich zu einer späteren Zeit unter veränderten Wachsthumssbedingungen der relativen Abstammungssachse noch nachträglich mit voller Kraft und an der ihnen rechtmässig zukommenden Stelle auszubilden.

An allen unseren Bäumen und Sträuchern und an den meisten Kräutern hat der aufmerksame Beobachter unzählige Male Gelegenheit, diese nachherige Entwicklung frühzeitig angelegter Zweige aus sogen. schlafenden Knospen zu bemerken. Sie brechen nicht selten noch kräftig aus Blattachseln hervor, an denen die zugehörigen Stützblätter schon längst abgefallen sind, und zwar zumeist dann, wenn durch Absterben der Spitze der relativen Abstammungssachse das Weiterwachsen in der früher hauptsächlich inne gehaltenen Richtung gehemmt ist und die Wachsthumssenergie nur die nächstliegenden seitlichen Vegetationspunkte zur Entwicklung bringt. Am leichtesten kann man daher eine schlafende Knospe zum Austreiben veranlassen, wenn man über ihr die relative Abstammungssachse abschneidet; auf diese Weise gelingt es, die schlafenden Knospen zum Vorschein zu bringen und eine reiche Seitenverzweigung eintreten zu lassen bei Pflanzen, welche beim normalen Wachsthum der Spitze niemals Seitenzweige zu bilden pflegen, wie der Hauptstamm der Palmen u. a.

Nur aus dem Grunde habe ich in diesem allgemeine Grundsätze entwickelnden Abschnitt so viel Rücksicht auf die schlafenden Knospen der Achsen genommen, weil darin wiederum ein neuer Unterschied den Phyllomen gegenüber gewonnen wird. Innerhalb der Vegetationsorgane der Phanerogamen nämlich findet ein Stehenbleiben in der Ausbildung der Blätter nicht statt; schlafende Blätter giebt es nicht; jedes angelegte Blatt hat sich innerhalb der ihm specifisch zukommenden Zeit zu entwickeln und ist mit dieser seiner Entwicklung später fertig als das nächst unter ihm, und früher, als das nächst über ihm an derselben Achse stehende.

Da auch die Wurzel ihre Verzweigungen acropetal zu bilden pflegt, wenn gleich nicht mit der Regelmässigkeit, welche die Blattbildung und Zweiganlage an den fortwachsenden Stengeln charakterisirt, so sehen wir in den Sprossbildungen eine gewisse Regelmässigkeit und hinwider auch Freiheit, von deren Zusammenwirken die ganze Gestalt des phanerogamen Individuums zunächst abhängt; die demselben eingeräumte Freiheit beschränkt sich allerdings bei unsren bisherigen Betrachtungen auf die Ausbildung der axillären Zweige, aber auch auf deren Richtung, die wir unbestimmt gelassen haben.

Adventive Sprossungen. — Unter diesen Umständen muss es bei der Betrachtung der Keimpflanze von *Nymphaea* (Fig. 1 oben) auffallen, dass dort aus der Hauptachse Wurzeln (RA) hervorbrechen, welche das Wesen der Hauptwurzel (R) vollständig wiederholen und derselben gleichen, dieselbe sogar an Grösse früh übertreffen, welche Achsen zweiter Ordnung sind, ohne aber dabei von der Wurzel erster Ordnung abzustammen; sie erhalten dadurch eine gewisse Selbständigkeit. Regelmässigkeit in der Anordnung zeigen sie nicht; sie brechen zwischen den Blättern durch, sind aber durchaus nicht an deren Entwicklung streng gebunden, können dies und jenes Blatt ganz überschlagen u. s. w. Eine Vergleichung mit anderen Keimpflanzen zeigt, dass diese Wurzelsprossung aus dem Stengel durchaus keine allgemeine Eigenschaft keimender Phanerogamen ist, wenngleich sie sich häufig genug findet; die Entwicklungsgeschichte lehrt, dass die aus dem Stengel hervorsprossenden Wurzeln sich anlegen und weiter

entwickeln, wie die Nebenachsen aus der Hauptwurzel. Wir haben hier die Erscheinung vor uns, dass ausser den normalen Sprossungen, welche jede differenzierte Phanerogame in einer streng geregelten Weise ausgliedert, auch solche unter gleichen entwicklungsgeschichtlichen Verhältnissen ausgegliedert werden, deren Auftreten (morphologisch betrachtet) nicht nur nicht nothwendig, sondern sogar störend ist, weil sie die Freiheit, die der Ausgliederung bisher eingeräumt wurde, vergrössern. Wir nennen diese Sprossungen adventiv und finden die Ursache ihrer Entwicklung in physiologischen Bedürfnissen und oft in der gewaltsam am lebensfähigen Orte zur Erhaltung des Lebens durchbrechenden Wachsthumssenergie. Die vergleichende Anatomie charakterisirt die adventiven Bildungen als solche Achsen (nur von Achsen ist die Rede), welche an Theilen des Pflanzenkörpers entstehen, die schon in der Umbildung zu Dauergeweben begriffen waren und ihre Theilungen eingestellt hatten, nun aber plötzlich die neuen Ausgliederungen zwischen den früher normal angelegten in einem zu diesem Zweck local gebildeten Meristemgewebe entstehen lassen. Diese Charakterisirung drückt dasselbe auf Zelltheilungen bezogen aus, was ich durch das äusserliche Hervortreten bezeichnet habe.

Ausserdem liegt in dem Ausdruck aber auch noch das Unerwartete der Erscheinung eingeschlossen; wenn wir uns an das normale Auftreten von beblätterten Achsen in den Achseln vorhandener Blätter, ferner an das von Seitenwurzeln an den jungen Wurzelspitzen gewöhnt haben, so fällt uns das Auftreten von beblätterten Achsen an Wurzeln und umgekehrt als dieser Regel nicht entsprechend auf. Wir gehen dabei von der Annahme aus, dass die zuerst von uns, als meistens vorkommend, beobachteten Gesetzmässigkeiten auch wirklich von der Pflanze selbst befolgt werden müssten, und wenn wir durch neue Thatsachen über Abweichungen belehrt werden, so bezeichnen wir sie dem entsprechend auch an der Pflanze, für welche sie durchaus keine Abweichungen, sondern selbst die Folge einer uns unbekannten neuen Gesetzmässigkeit sind. Das Kapitel über adventive Bildungen ist daher im Wesen als die Zusammenfassung jener Erscheinungen im Wachsthum der Pflanzen zu bezeichnen, welche nach den, als Gesetze betrachteten und von uns entworfenen Regeln wie Ausnahmen erscheinen in Bezug auf die Sprossbildung. Nicht nur können die Caulome seitlich adventiv auftreten; es ist sogar von PRILLIEUX [Annales des Sciences natur., Bot., 1856, IV, tome 5. pag. 267—282, pl. 17 u. 18] und von IRMISCH nachher genauer von WARMING [Vidensk. Meddel. fra den naturhist. Forening i. Kjöbenhavn, 1874 Nr. 1 u. 2, Taf. IV.] an Wurzeln von *Neottia Nidus avis* eine direkte Umbildung der Wurzelspitze zu einer blättertragenden Stengelspitze beobachtet worden. Solche Ausnahmen bleiben gewöhnlich nicht vereinzelt, und so ist denn eine ganz analoge Bildung kürzlich von *Anthurium longifolium* durch GABEL [Botan. Ztg. 1878, pag. 645—648] bekannt gemacht. Die Seitenwurzeln dieser Pflanze, und zwar die nahe unter der Oberfläche der Erde gelegenen, verlieren plötzlich ihre Wurzelhaube, bekommen an der Spitze einige grünliche Schuppen, die beim weiteren Wachsthum der sich aufwärts krümmenden Sprossspitze wieder verloren gehen, und treiben alsbald normale Blätter. Der anatomische Bau der Wurzel geht an einer Grenzfläche direkt in den des Stengels über, die Gefässbündel des neu entstandenen Stammes setzen sich direkt an die der Wurzel an. In einem Falle wurde sogar die Entstehung von zwei Sprossen aus einer Wurzelspitze beobachtet. — Dagegen geht aus der oben für die Phyllome innerhalb der Vegetationsorgane der Phanerogamen festgesetzten acropetalen Entwicklungsfolge hervor, dass adventive Blätter

nicht vorkommen. Wo man solche annehmen könnte, bezieht man sie stets auf die normale Ausgliederung aus adventiven Stengeln, auf die sie in der That zurückgeführt werden müssen und für welche sie normal und Charakter-bestimmend sind.

Dagegen sind seit langer Zeit solche sehr merkwürdige Ausnahmefälle bekannt, in denen ein Blatt, noch am Stengel stehend oder künstlich davon losgelöst, Adventivknospen auf seiner Fläche oder an seinem Rande bildet, welche zu neuen beblätterten Pflänzchen auswachsen und alsbald durch eigene Bildung adventiver Wurzeln sich zur selbständigen Ernährung befähigen. Also nicht nur beide Arten von Caulomen, sondern sogar die in ihrem gesetzmässigen Wachsthum auf den kleinsten Lebenskreis beschränkten Phyllome besitzen eine in der normalen Sprossbildung durchaus nicht vorgesehene Fähigkeit, aus Zellen, welche unter gewöhnlichen Verhältnissen die erlangte Form nicht mehr verändert hätten, neue Meristeme zu entwickeln und so ein selbständiges Fortwachsen zu erzeugen. Nur wenige von diesen Ausnahmefällen kommen regelmässig und unter normalen Wachstumsverhältnissen vor; so besonders die Adventivpflänzchen auf den Blättern von *Drosera* nach NITSCHKE [Bot. Zeitg. 1860 und 1861; vergl. das Literaturcitat auf pag. 116 dieses Handbuchs], die auf üppig wachsenden Mutterpflanzen sehr häufig sein sollen; ferner die zu den Crassulaceen gehörende Gattung *Bryophyllum*, wo die jungen Adventivknospen in den Einschnitten der gekerbten Blätter entstehen und dort schon vor der völligen Entfaltung des Blattes als eine kleine Masse kleinzelligen Gewebes, also mit einer gewissen Regelmässigkeit auftreten. Ferner treten solche Knospenbildungen an den Blättern von *Cardamine pratensis* sehr häufig auf und lassen sich dort leicht beobachten, ferner an der seltenen Orchidee *Malaxis paludosa*, und an den in Gewächshäusern zu findenden *Amorphophallus bulbifer*, ebenso an *Pinellia tuberifera*, und anderen Araceen. In anderen Fällen kann man diese Adventivknospenbildung künstlich hervorrufen, so namentlich bei zahlreichen Arten der in mannigfacher Beziehung ausgezeichneten Gattung *Begonia*; die grossen sogen. »Schielblätter« werden in den Gärtnereien dadurch vermehrt, dass abgeschnittene Blätter entlang den Nerven mit Einschnitten versehen und dann flach auf feuchte Erde unter Glasbedeckung gelegt werden: an den Einschnitten spriessen dann »Brutpflänzchen« hervor, d. h. aus adventiven Knospen ausgebildete, neu aus eigenem Meristem entstandene beblätterte Achsen mit Adventivwurzeln. Ueber die Entwicklungsgeschichte dieser interessanten Blätter-Adventivsprosse hat F. REGEL [Jen. Zeitschr. für Nat. 1876, p. 477] ausführlich berichtet; über *Bryophyllum*-Sprosse: BERGE, [Beitr. zur Entw. v. *Bryoph. calycinum*. Zürich 1877]; vortrefflich lassen sich eben solche an den Arten von *Peperomia* beobachten, über welche BEINLING [COHN's Beitr. z. Biol. d. Pflanz., vol. III. Heft 1, pag. 25 ff.] die ausführliche Entwicklungsgeschichte gegeben hat. Stets brechen die Wurzeln vor dem Erscheinen der jungen Adventivknöpfchen nach aussen hervor (bei *Peperomia* z. B. nach 4—6 Tagen, die Knospen dagegen nach 10—14 Tagen als helle Hügel auf dem dunklen Braun der Schnittfläche sichtbar), beide immer in unmittelbarer Nähe der Fibrovasalstränge, aber die adventiven Wurzeln endogen, die Knöpfchen exogen angelegt. An den Blättern der Begonien treten sogar aus den Epidermiszellen Wurzelhaare sogleich hervor, welche bis zum Erscheinen der Blattwurzeln an deren Stelle functioniren. Die Knospen strecken sich zu einem Caulomcylinger mit bald entwickeltem normalen Blatt, an dessen Grunde der axile Vegetationspunkt verborgen liegt; ihre Zahl ist meist gross, aber viele abortiren, ohne aus-

zuwachsen; sie erscheinen umrahmt von den vorher schon angelegten Wurzeln oder auch zwischen ihnen. Die Achsen bekommen aber alsbald ihre eigenen Wurzeln und lösen sich allmäglich von dem Mutterblatte los, dessen Wurzelsystem damit zu Grunde geht. — Es sei beiläufig hier erwähnt, dass eine solche Bewurzelung sogar an den stark metamorphosirten Fruchtblättern vor sich gehen kann; CARRIÈRE hat die Bewurzelung der Früchte von *Lilium speciosum* beobachtet [Revue horticole 1877, pag. 207].

Die Frage nach der morphologischen Einheit. — Diese Gleichheit in der Fähigung aller drei von uns unterschiedenen Sprossungsklassen ist wenigstens in der Beziehung sehr lehrreich und von theoretischem Werthe, als sie die oben gleichfalls aufgeführte Klasse der Trichome als ungleichwertig diesen ersten dreien gegenüberstellt. Denn kein echtes Trichom (charakterisiert nach dem entwicklungsgeschichtlichen Begriff) ist im Stande, eine phanerogame Pflanze selbständig aus sich heraus zu bilden, und man kann also darin eine Bestätigung dafür erblicken, dass bei der Eintheilung der Sprossungen die Haare einstweilen zu übersehen sind. — Diese geschilderte Gleichheit hat aber zusammen mit anderen Gründen einige Autoren veranlassen wollen, die Eintheilung der vegetativen Organe nach Wurzel, Stengel und Blatt überhaupt als unstatthaft anzunehmen. Das ist zwar richtig und von den scharfsichtigsten Morphologen stets auf's Neue bestätigt [wie z. B. von WARMING in seinen »Recherches sur la ramification«], dass eine durchaus scharfe Charakterisirung und somit Unterscheidung der drei Sprossungsgattungen im Phanerogamenreich nicht möglich sei, dass jeder gefundene Charakter in seinen zahlreichen Consequenzen diese oder jene Ausnahme erleiden müsse; aber wenn z. B. C. H. SCHULZ-SCHULTZENSTEIN [Neues Syst. d. Morph. pag. XII] diese Eintheilung als einen Grundfehler der Morphologie bezeichnet, so ist dies nur dadurch zu erklären, dass dieser Autor eine so strenge Durchführung morphologischer Begriffe für möglich hielt, wie sie die freischaltende Natur unmöglich macht. Zwar hat er richtig eingesehen, dass man die Produkte dieser Eintheilung nicht als Organe der Pflanze zu bezeichnen habe, weil jedes derselben der Function nach gleich sein könne; aber der falsche Name kann an und für sich gleichgültig sein, wenn nur etwas Haltbares mit ihm belegt ist. Denn will man die überall getroffene Unterscheidung von Stengel Wurzel und Blatt nicht gelten lassen und sucht man dafür nach einer anderen Grundlage, mit welcher die Morphologie auf sichereren Bahnen forschreiten könnte, so bleibt nichts anderes übrig, als zur Zelle hinabzusteigen, auf deren Formenreichthum in letzter Instanz der Formenreichthum der Phanerogamen beruht. So interessant es nun auch ist, diesen Gedanken zu verfolgen, und so vortreffliche Resultate die Entwicklungsgeschichte mit ihm erzielt hat, so ist doch damit der Kern der Morphologie nicht erschöpft, sondern es ist nur damit auf das schwierige Problem hingewiesen, wie bei aller Gestaltverschiedenheit eine so unerwartete Gleichartigkeit der verschiedenen Pflanzenteile sich herausstellen könne. Diese Gleichartigkeit aber liegt weniger im morphologischen Verhalten als in der gleichen Lebensenergie verschieden gestalteter Theile, und was besonders die Fähigkeit sowol der Stengel im allgemeinen als gewisser Blätter und Wurzeln anbelangt, neue Individuen unter bestimmten Einflüssen zu bilden, so kann man dafür als Erklärung anführen — wenn dies eine Erklärung genannt werden darf —, dass nach allen Beobachtungen, die man über diesen Gegenstand bisher ange stellt hat, sich unter dem günstigen Zusammentreffen gewisser (oft unbekannter) günstiger Umstände aus jedem und an jedem in seiner äusseren Gestalt als selb-

ständige Sprossung von uns bezeichneten Pflanzenteile ein neues Meristem bilden kann, welches die Lebenstätigkeit des betreffenden Theiles zeitweise erhält und durch eine geeignete Neubildung individualisiert. Diese Fähigkeit hat allerdings selbst wieder ihren Grund in der im Wesen durchaus gleichartigen inneren Zusammensetzung aller äußerlich noch so verschieden gestalteten Theile einer und derselben Pflanze, und während sie sich auch noch bei den höchst organisierten Pflanzen, eben den Phanerogamen, findet, so fehlt sie bekanntlich schon in verhältnismässig tiefen Klassen des Thierreichs, weil dort die verschiedenen Glieder des Individuums eine ihrer verschiedenen Function entsprechende äussere Form und innere Ausbildung erlangt haben.

Dieser durchgreifende Unterschied in der Organisation von Pflanze und Thier hat schon seit lange die Aufmerksamkeit speculativer Naturforscher auf sich gelenkt. Da jeder schon von sich selbst gewohnt ist, die Einheit der animatischen Individualität so gewahrt zu sehen, dass eine äussere Gliederung des Ganzen im isolirten Zustande alsbald abstirbt, weil sie nicht im Stande ist, sich ohne Mitwirkung der übrigen Theile des betreffenden Organismus zu ernähren, so fällt es sehr auf, von den meisten Pflanzen irgend welche beliebig losgelöste Sprossungen, zumal Caulome, sich ihr Leben zu erhalten und alsbald weiter wachsen zu sehen, wenn dieselben nur in geeignete günstige Vegetationsbedingungen gelangen. Jede Sprossung dieser Art wiederholt nicht nur in ihrer äusseren Gestalt die der relativen Abstammungssachse und scheint dadurch das grosse Individuum im Kleinen abzuspiegeln, sondern sie kann auch wirklich ein eigenes Individuum werden. Diese Erscheinungsweise an den Pflanzen bezeichnet man als Verjüngung, und ausser C. H. SCHULTZ [Verjüngung etc.], dessen verworrene Morphologie an diesem Punkte als Hebel angriff, hat besonders A. BRAUN [l. c.] dieselbe auszulegen und für die Morphologie zu verwerthen gesucht. Er sieht eine reich ausgegliederte Pflanze (einen Baum mit seinen zahlreichen Zweigen) an als eine Kolonie, mit dem man nicht ein gut individualisiertes Einzelleben (wie ein Wirbeltier) vergleichen dürfe. Will man auf diese Betrachtungen näher eingehen, so sieht man sich zu der weiteren Frage genötigt, wo alsdann in der ausgegliederten und verzweigten Pflanze die Individualität verborgen sei; jede beblätterte Achse dafür anzusehen scheint am nächsten zu liegen, jedoch muss hier nochmals auf die Fähigkeit von Wurzeln, Blättern und deren Stücken aufmerksam gemacht werden, gleichfalls das Individuum gelegentlich zu verjüngen. So würden wir denn consequenter Weise dazu kommen, jedes individualisirbare Meristem als Verjüngungselement oder die die ganze Kolonie zusammensetzende Einheit anzusehen, und dies würde ein Individuum sein, welches morphologisch gar nicht und physiologisch nur sehr schwankend charakterisiert werden könnte. Durch diese Verjüngungsdeutungen hat man sich vielfach nur Schwierigkeiten selbst bereitet, die nicht in der Natur der Sache lagen. Wenn man jeden Organismus ein Individuum nennt, der sich mit eigenen Mitteln erhält und die verschiedenen Theile, aus welchen er besteht, so harmonisch zusammenwirken lässt, dass dadurch seine Ernährung, sein Wachsthum und seine Fortpflanzung vollkommen gesichert ist, und dass die verschiedenen Theile durch die Aufgaben, welche sie dabei vollziehen, zu dem Ganzen in ein untergeordnetes Verhältniss treten, so ist jede Phanerogame gerade so gut wie jedes Thier als ein Individuum zu bezeichnen. Das Fortnehmen einzelner Theile von dem pflanzlichen Organismus bleibt nicht ohne Störungen für denselben, und dadurch schon, wenn sie auch nicht den Tod zur Folge haben, wird die in demselben herrschende Ein-

heit bewiesen. Wenn manche oder viele der fortgenommenen Theile die Fähigkeit haben, auch nach der Fortnahme vom Mutterstamm ihr Leben zu erhalten und auszuwachsen, so muss dies in einer selbständigen Weise geschehen, und die Möglichkeit dafür liegt darin, dass im Pflanzenreich in den vegetativen Organen eine sehr gleichmässige Vertheilung von Nahrungsstoffen und Ernährungsorganen gefunden wird. Wo letztere fehlen, hört auch für die losgelösten Ausgliederungen die Möglichkeit einer selbständigen Existenz auf, gerade wie im Thierreich. —

Die vegetative Reproduction. — Das ist aber jedenfalls ein Ver-

dienst der Verjüngungstheorie, auf eine das gesamte Pflanzenreich sehr auszeichnende Erscheinung hingewiesen zu haben, welche ich, um dem Sachverhalt durch einen schärferen Ausdruck näher zu kommen, als vegetative Reproduction bezeichnen werde. Die Zweigbildung von Caulomen bietet zuerst die Möglichkeit dar, eine den Sexualact umgehende Vermehrung zu erzielen; die vegetative Reproduction kann auch andere Sprossungen dazu benutzen. Durch eine fortgesetzte vegetative Reproduction könnte sich das Leben der Mutterpflanze unbegrenzt weiter zu erhalten scheinen, wenn nur durch geeignete Vorrichtungen (wie z. B. durch regelmässiges Abfallen von zum Wurzelschlagen bestimmten Aesten) dafür gesorgt würde, dass die vegetativ

reproduktionsfähigen Sprossungen auch wirklich zur Reproduction gelangen. Solcher Vorrangungen giebt es eine grosse Menge; wir werden auf dieselben bei dem Perenniren der Phanerogamen ausführlicher zurück kommen. Wir wollen hier nur eine einfache Vorkehrung der Art betrachten, wo tatsächlich Aeste gebildet werden, um abzufallen, Wurzeln zu treiben und die Mutterpflanze vegetativ zu produciren. In nebenstehender Figur ist eine gewöhnliche Pflanze der Gärten und deutschen Alpengegenden abgebildet, deren Blüthentraube in zwei sehr verschiedene Regionen zu zerfallen

pflegt; nur die obere producirt Blüthen, die untere kleine Zwiebelchen, Bulbullen. Letztere entsprechen vollkommen beblätterten Zweigen, welche sich in den



Fig. 3. (B. 137.)

Polygonum viviparum, L. I. Obertheil des Stengels (in natürl. Grösse) mit dem obersten Laubblatt; die Hauptachse läuft in eine reiche, an der Spitze normal entwickelte Blüthentraube (F) aus, in deren unterer Hälfte (B) aber anstatt der Blüthen Blätter entwickelnde Bulbullen von den Hochblättern getragen werden. — II. Ein Stück aus der Stengelregion B von Figur I, eine einzelne Bractee (Hochblatt, br) mit der in ihrer Achsel entwickelten Bulbille (B) zeigend; an letzterer ist f das unterste deutlich ausgebildete Laubblatt; über der Bulbille bezeichnet br eine andere Bractee, aus deren Achsel die Bulbille ausgefallen ist. — III. Die abgefallene Bulbille einige Zeit nach ihrer Loslösung vom Stengel; sie hat adventive Würzelchen (RA) getrieben und bildet grössere Laubblätter aus. Fig. II. und III. vergr.

Achseln kleiner Blätter entwickeln, und zeichnen sich nur durch eine geringe Streckung bei fleischiger Dicke aus; sie treiben schon am Stengel selbst einige Blätter aus, fallen aber bald ab und entwickeln sich auf feuchter Erde ebenso weiter; die dabei nöthigen Wurzeln sind adventiv und brechen zahlreich durch den Achsentheil hindurch.

Diese Sprossungen sind zum Abfallen und Selbständigenwerden bestimmt; die Abstammungssachse ernährt sie auf Kosten ihrer selbst, ohne, wie es sonst bei vegetativen Sprossungen der Fall ist, von ihnen das zum Austreiben verwendete Anlagekapital mit Zinsen auf diese oder jene Weise zurück zu erhalten. Diese Sprossungen fallen daher nicht mehr in den Begriff der früher erklärten Vegetationsorgane (unter welchen wir ohne morphologische Beziehungen die Gesammtmasse aller zum Zweck der Ernährung, Vergrößerung und individuellen Lebenserhaltung vereinigten Achsen und deren Sprossungen verstanden), sondern sie gehören in die zweite Klasse der Organe, die der Reproduction, deren wesentlicher Charakter die Erneuerung des individuellen Lebens der Mutterpflanze in einer oder in vielen Tochterpflanzen ist. Die hier geschilderte Erneuerung geht aber in einer Weise vor sich, welche sich von einer gewöhnlichen Zweigbildung am Mutterstamm nur durch das Endresultat, durch das Abfallen des gebildeten Sprosses unterscheidet; eine Sprossung, welche ein Vegetationsorgan sein könnte, wird ohne morphologischen Unterschied ein Reproduktionsorgan, und so nennen wir diese Erneuerung die vegetative Reproduction.

Die sexuelle Reproduction. — Ausser der eben genannten, welche im Phanerogamenreich sehr verbreitet ist und eine wichtige Rolle spielt, besitzen alle Phanerogamen noch eine Reproduction ganz anderer Art, welche auf einem anderen physiologischen Akte beruhend als die Vegetationsorgane ihn kennen, zur Durchführung anderer morphologischer Entwicklungen abläuft. Es ist die in der ganzen organischen Welt auf die verschiedenste Weise ausgeprägte Sexualität, welche auch in allen Phanerogamen in gleichzeitig differenzierten männlichen und weiblichen Organen eine bestimmte Gestalt erhält und mittelst der Befruchtung der weiblichen Sexualorgane durch die männlichen eine andere Neubildung entstehen lässt, welche wie die vegetativ gebildete auf Kosten des mütterlichen Organismus entsteht und demselben nicht direkt zu Statten kommt, sondern nur Aehnliches sich entwickeln lässt, während der mütterliche Organismus schon vielleicht dem Tode verfallen ist: dies ist die sexuelle Reproduction.

In den älteren Lehrbüchern findet man sehr häufig die morphologische Schilderung nach zwei Hauptkapiteln zusammengefasst, welche den Titel führen: »Organe der Vegetation« und »Organe der Reproduction«. Diese Eintheilung ist deswegen falsch durchgeführt, weil man die Reproduction durch vegetative Sprossungen, wie die von *Polygonum viviparum*, nie unter dem Kapitel über Reproduction findet. Dennoch gehören solche Erscheinungen und andere mehr ebenso zu denen der Reproduction wie die Samenbildung, und es ist daher nöthig, den Kapiteln eine richtigere Bezeichnung zu geben und die Vegetationsorgane mit den Sexualitätsorganen in Gegensatz zu bringen. Die letzteren charakterisiert man dann am besten als Sprossungen, deren Anlage und Ausbildung das Zustandekommen des Sexualaktes und die Entwicklung des befruchteten weiblichen Organs zum Zweck hat; als Vegetationsorgane kann man dann diejenigen bezeichnen, deren Zusammenwirken sowohl der Ausbildung jedes pflanzlichen Individuums an sich dienen muss, als es der schliesslichen oder wiederholten Entwicklung von Sexualorganen dienen kann. — Solche Pflanzen, wie das oben abgebildete *Polygonum*, zeigen die Gleichartigkeit und Verschiedenheit der vegetativen und sexuellen Reproduction sehr deutlich; das Endresultat ist bei beiden gleich, durch beide werden neue, selbständige Tochterpflanzen geliefert. Die vegetative

Weise umgeht den complicirten Geschlechtsprozess und macht direkt das, was die sexuelle Weise erst auf Umwegen, die die Bildung und das Absterben der männlichen Organe und vieles andere mehr erfordern, durch den gereiften und zur Keimung gelangten Samen liefern kann.

Es sei gleich an dieser Stelle auf das allgemein Charakteristische hingewiesen, was die Sexualität der Phanerogamen im ganzen Reich der Organismen morphologisch auszeichnet. Ueberall sind die Sexualorgane mit ihrem ganzen Zubehör von zum Schutz und zur Sicherung der Befruchtung dienenden Hülfsorganen jugendliche selbständige Sprossungen, welche nur an ihrer Abstammungssachse zur völligen Abwicklung aller der Prozesse gelangen können, zu denen sie bestimmt sind; sie schliessen daher eine vegetative Reproduction aus sich selbst aus, sobald sie richtig entwickelt sind. Die Sprossungen, aus denen die Sexualorgane hervorgehen, sind niemals die Hauptachse selbst, sondern sind deren Ausgliederungen erster, zweiter oder oft sehr hoher Ordnung. Jede zur Sexualität bestimmte Sprossung hat mit der Erfüllung des Zweckes, dem sie zum Zustandekommen des Sexualaktes unterworfen ist, ausgedient und stirbt dann ab; es kann daher auch niemals ein Sexualorgan in zwei oder mehr durch eine rein vegetative Ruhepause getrennten Perioden dieselbe Function übernehmen. Jedes männliche Organ stirbt also nach erlangter Befruchtungsfähigkeit in seiner Totalität ab, und jedes weibliche Organ kann nur einmal zur Empfängniss dienen. Es ist dabei gleichgültig, ob die betreffenden Organe ihre Function wirklich erfüllt haben oder nicht; männliche Organe, welche nicht befruchtet haben, sterben genau so ab wie solche, welche zur Befruchtung gelangt sind, und weibliche unbefruchtete Organe sterben früher ab als die befruchteten; auch bei den männlichen Organen dient die Vollziehung ihrer Geschlechtsfunction zur Verlängerung ihres Lebens. Auch die ganzen Sprossungen, von denen in der Regel nur ein kleiner Theil aus den männlichen, resp. weiblichen Sexualorganen besteht, haben dieselbe beschränkte Lebenszeit, welche sich nach der von ihnen producirten Sexualorgane richtet. Sie sterben daher spätestens nach der Reife der weiblichen Organe zur Frucht ab, und die Mutterpflanze muss, um in einer neuen Periode neue Sexualreproductionen vorzunehmen, mit der Bildung neuer dazu bestimmter Sprossungen beginnen.

Der Unterschied, den in dieser Beziehung die höchsten Pflanzen verglichen mit den höchsten Thierklassen zeigen, ist ein durchgreifender und kann für diese ausgebildeten Stufen beider Reiche als ein vortrefflicher Charakter dienen. Begründet ist derselbe in der Verschiedenheit der Gliederungsverhältnisse, welche im Pflanzenreich die ernährenden Organe nicht zu localisiren, sondern über die ganze Pflanze auszudehnen und nach Bedürfniss zu vermehren pflegen; es ist daher derselbe Grund wie der, welcher die Individualitätsbestimmung im Pflanzenreich schwieriger macht und zu der Verjüngungstheorie Veranlassung gegeben hat.

Wir haben also die Sexualorgane durch ihre Bestimmung physiologisch definiert, sie morphologisch dagegen nur als Sprossungen bezeichnet, deren Unterschied von den übrigen eben in der Entwicklung der bestimmten Sexualzellen liegt. Ein weiterer Unterschied ist einstweilen nicht aufzufinden, nur noch solche, welche sich aus dem vorher Gesagten von selbst ergeben. Denn da ihnen die eigene Ernährungsfähigkeit abgeht und sie auf den Ueberschuss aus den Vegetationsorganen zur Ausbildung angewiesen sind, so folgt daraus schon, dass die Blüthen keine eigene Wurzeln ausbilden, weil letztere eine in der Regel nothwendige Gliederung des Ernährungssystems sind. Sie setzen sich daher nur aus Caulomen und Phyllomen zusammen, und wenn auch die betreffenden Caulome meistens Verzweigungen der primären Achse, oft von sehr hoher Ordnung zu

sein pflegen, so kann doch auch die primäre Achse einer Phanerogame, einerlei, ob dieselbe selbst durch vegetative oder durch sexuelle Reproduction entstanden ist, selbst das Caulom sein, welches die Sexualorgane hervorbringt. Genauere Auseinandersetzungen über den morphologischen Werth, welchen letztere selbst in Bezug auf die sie producirenden Achsen besitzen, müssen wir auf später versparen, wenn die Morphologie der Blüthe im Einzelnen erörtert wird; es sind sogar Streitfragen mit dabei im Spiele. Aber die in Figur 3 abgebildete Pflanze erlaubt uns auch hier das Wichtigste durch eine einfache Vergleichung zu erkennen: Die obere Region (F) von *Polygonum viviparum* trägt in den Achseln von kleinen Blättern (den Bracteen) gerade so auf kleinen Stielen die Sexualorgane und deren später genauer zu charakterisirende Hüllen, wie die untere Region oberhalb des letzten grossen Laubblattes (B) in den Achseln derselben Bracteen die Bulbillaen trägt, welche mit ihren schon an der Mutterpflanze entwickelten kleinen, grünen Blättchen sich als normal beblätterte Caulome, also als Zweige der Hauptachse zu erkennen geben. Der Schluss liegt nahe, dass der morphologische Werth der oberen Sexualgebilde gleichfalls der von beblätterten Caulomen sei, sonst würden sie sich nicht continuirlich über und stellenweise sogar zwischen einander an derselben Abstammungssachse entwickeln können; darnach müssen die seitlichen Ausgliederungen der oberen Sprossungsachsen im morphologischen Werthe denen der unteren entsprechen, also wie diese Blätter sein. Damit stimmt in der That das morphologische Verhalten derselben überein, nur nicht ihre äusserliche Erscheinung. Wir haben aber schon früher gesehen, dass Glieder von morphologisch gleicher Bedeutung dennoch ein sehr verschiedenes Aussehen haben können, wie z. B. die verschiedenen Blattbildungen an der keimenden *Nymphaea* (Fig. 1); wir gaben deswegen den Sprossungen von bestimmter morphologischer Bedeutung und verschiedenem äusseren Habitus einen abstracten, auf keine bestimmte Form hinweisenden Namen und erklärten also die verschiedenen Blattbildungen für Phyllome. Die seitlichen Ausgliederungen der gestielten Sexualgebilde in der Region F von *Polygonum viviparum* werden daher wie die Blätter an den Bulbillaen derselben Pflanze Phyllome sein und, da sie äusserlich so sehr von der Erscheinungsform gewöhnlicher Blätter abweichen, so können wir bei ihnen von dem Begriff der Metamorphose Anwendung machen, welcher schon früher zur ausführlichen Besprechung gelangt ist. Die merkwürdige äussere Erscheinungsform jener Sexualgebilde ist nun zwar von wesentlicher Bedeutung für uns, da jede auffallende Verschiedenheit ihrem Werthe entsprechend Nutzanwendungen für die Charakterisirung gestattet; es hat auch unsere Volkssprache diese auffällige Verschiedenheit richtig erkannt und sie dadurch zum Ausdruck gebracht, dass sie einen eigenen Ausdruck: Blüthen, dafür geschaffen hat. Aber morphologisch betrachtet sind nun diese Blüthen für uns zunächst nur besondere Erscheinungsformen (Metamorphosen) von axillär entstandenen oder die Hauptachse oben abschliessenden Caulomen und Phyllomen, welche irgend welche Sexualorgane erzeugen und durch ihre Form den Befruchtungsakt begünstigen, und welche nach Erfüllung ihres Zweckes absterben. Der Zweck ist aber das Hervorbringen einer oder vieler gleichzeitiger Tochterpflanzen, welche sich vom Mutterorganismus loslösen. Diese Tochterpflanzen nennen wir in dem Zustande, wo sie fähig sind, den mütterlichen Organismus zu verlassen und nach längerer oder kürzerer Ruhepause, oft sogleich, ihr eigenes individuelles Leben zu eröffnen, gereifte Samen. Der Reifungsprozess dieser Samen setzte aber einen Zusammenhang

voraus, durch welchen dem noch ungereiften Tochterpflänzchen Nahrung aus der Mutterpflanze zugeführt wurde. Es versteht sich von selbst, dass auf diesen Zusammenhang schon in der Blüthe Bedacht genommen werden muss; die weiblichen Geschlechtszellen liefern ja nach ihrer Befruchtung durch die männlichen die ersten Anfänge zu den späteren sexuell erzeugten Tochterpflänzchen, und so machen die weiblichen Organe der Blüthe und die mit ihnen im engsten Zusammenhange stehenden Theile eine allmähliche Veränderung durch, die schliesslich damit endigt, dass die gereiften Samen entlassen werden können. Den Zustand der Vollendung, den die weiblichen Organe und die durch deren Fortentwicklung mit zum Weiterwachsen veranlassten übrigen Theile der Blüthe annehmen, nennen wir Frucht. Es versteht sich aus dem Gesagten von selbst, dass Blüthe und Frucht höchstens insofern etwas morphologisch im Wesen verschiedenes sein können, als die inzwischen abgestorbenen männlichen Organe zur Zeit der Fruchtreife nicht mehr in Betracht kommen können. Der genetische Zusammenhang zwischen Blüthe und Frucht lässt für die letztere dieselbe morphologische Begriffsbestimmung wie für die erstere eintreten, nur dass in der Frucht durch inzwischen stattgefundene Veränderungen (Auswachsen einzelner und Absterben anderer Theile) die Metamorphose noch weiter gegangen ist. Dass Blüthe und Frucht überhaupt durch die verschiedenen Namen als zwei neben einander bestehende Gestaltungsformen bezeichnet werden, während erstere sich allmählich zu letzterer umbildet, ist nur durch die auffallenden im Reifezustande vollendeten Veränderungen berechtigt; eine scharfe Grenze lässt sich zwischen beiden nur so ziehen, dass man die Blüthe definirt als das Stadium, während dessen der Sexualakt in den betreffenden metamorphosirten Sprossungen stattfindet, die Frucht dagegen als dasjenige Stadium, in dem das oder die Produkte des stattgehabten Sexualaktes die höchste Ausbildung angenommen haben, welcher sie überhaupt an dem sie erzeugenden Organismus fähig sind. Die Zwischenstadien und der genetische Zusammenhang bleiben bei dieser Terminologie unberücksichtigt. Die Naturforschung muss aber, sofern sie sich nicht in eine Sprache einkleidet, von den Namen absehen und das Wesen der mit ihnen belegten Dinge erfassen und das im Zusammenhange sehen, was in der Darstellungsform getrennt erscheint dem Sachverhalt zuwider. —

Allgemeinheit der Blüthenbildung. — Wir haben an die Klassificirung der Sprossungen (Caulome, Rhizome, Phyllome) die Frage angeknüpft, ob dieselbe in dem ganzen Phanerogamenreich durchzuführen sei, wie das von einer principiellen Grundlage erwartet werden musste. Die Frage wurde verneinend beantwortet, weil die Lebensweise einiger Phanerogamen zu erheblichen Ausnahmen Veranlassung gab, ja die ganze Differenzirung des vegetativen Körpers unterdrücken konnte. Dadurch ist es unmöglich geworden, für die Klasse der Phanerogamen eine einheitliche auf die Vegetationsorgane gestützte Charakterisirung zu entwerfen.

Stellen wir jetzt die Frage nach der Allgemeingültigkeit der für Blüthe und Frucht der Phanerogamen so eben ausgeführten Sätze, so kann diese bejahend beantwortet werden. Alle Phanerogamen zeigen dasselbe Verhalten in Bezug auf ihre geschlechtliche Vermehrung, sobald sich die Untersuchungen darüber auf die angedeuteten Grundzüge erstrecken; im Speciellen zeigt sich auch hier die mannigfaltigste Verschiedenheit, welche eine ausführliche Besprechung der Blüthenmorphologie erfordert. — Es würde aber unrichtig sein, wollte man die Ausnahmslosigkeit der angeführten Sexualitätsform so auffassen, wie ich sie in

der morphologischen Sprachweise so eben dargestellt habe. Denn die Systematik hat auf die sexuelle Reproduction der Pflanzen das Hauptgewicht in der Classification gelegt, weil die sexuelle Reproduction das Erblichste und Constanteste, weil von der speciellen Lebensweise am meisten Unabhängige, ist. Alle diejenigen Pflanzen, welche die besprochenen Sexualbildungen und eine Reihe charakteristischer Entwicklungen in denselben, die wir bisher unerörtert gelassen haben und die sich auf die Art und Weise der Befruchtung beziehen, besitzen, hat die Systematik zu der Abtheilung der Phanerogamen vereinigt und die Morphologie hat demnach nur das Gemeinsame dieser ihr fertig gelieferten Gruppe zu abstrahiren.

Zusammenhang zwischen Morphologie und Systematik. — Es kann dieser Fall zur Erläuterung der gemeinsamen Operationen von natürlicher Systematik und Morphologie dienen, wie sie allein der wissenschaftlichen Botanik Gewinn bringen. Um eine grosse natürliche Gruppe von Gewächsen zu characterisiren, hatten schon die ältesten Systematiker den Charakter der Samenproduktion und die derselben vorhergehende Blüthenbildung genommen; der Charakter aber konnte in älteren Perioden der Botanik nicht scharf ausgedrückt und seinem Wesen nach erschöpfend gegeben werden, weil der entwicklungsgeschichtliche Hergang in der Bildung von Blüthe und Same unbekannt oder schlecht bekannt war. Die jetzige Morphologie hat diesem Mangel abgeholfen und hat Principien aufgestellt, nach welchen jede Pflanze einer strengen Controle unterworfen werden kann, ob sie den Phanerogamen zuzurechnen sei oder nicht; indem sie also für sich selbst arbeitet, giebt sie der Systematik Kriterien an die Hand, welche dieser vorher unbekannt waren. Auf der anderen Seite aber erhält sie durch die systematischen Arbeiten bei jeder neuen Untersuchung das Arbeitsfeld zugewiesen, auf welchem sie die Richtigkeit und bald mehr, bald weniger allgemeine Gültigkeit der von ihr gewonnenen neuen Resultate prüfen kann und prüfen muss. Das Letztere findet man bei manchen neueren Untersuchungen nicht bedacht, wenn dieselben nämlich in einer specialisirten Aufgabe so weit in das Einzelne gehen, dass die Resultate weit über das Niveau der schon bekannten Einzelheiten im Bau der verwandten Pflanzen hinausgehen; sobald dann eine Vergleichung nicht mehr möglich ist, stehen die Beobachtungen isolirt da und bekommen erst dann wieder wissenschaftlichen Werth, wenn Controlbeobachtungen ein Urtheil darüber gestatten, was von dem Beobachteten allgemein gültig und was vom specifischen Interesse war. Es soll also die Morphologie die Vergleichung der verwandten Pflanzen eben so wenig aus den Augen verlieren, wie die auf letztere sich stützende Systematik die möglichste Schärfe der morphologischen Begriffe.

Hiermit sind wir soweit in der Abstraction der morphologischen Grundlage vorgeschritten, wie es auf geringe Pflanzenkenntniss gestützt und ohne in die unendliche Mannigfaltigkeit der Formen specieller einzugehen möglich war; es ist nun unsere Aufgabe, die letztere zu berücksichtigen, um nach der Abstraction wieder natürlich zu werden. Der Gang der specielleren Untersuchung wird der sein, dass die Vegetationsorgane (in der früher gegebenen Definition) in ihrer Gegenseitigkeit und gemeinsamen Ausbildung den Ausgangspunkt bilden, der dann die Betrachtung der einzelnen Sprossungsklassen (Stengel, Wurzel und Blatt) folgt; das Kapitel über die Metamorphosen derselben wird dann zeigen, welche Schwierigkeiten sich der natürlich operirenden Morphologie entgegenstellen, wenn sie ihre abstracten Begriffe mit Consequenz durchführen will. Es muss dann die Sexualität in ihrer für die Phanerogamen gültigen Erscheinungs-

weise geschildert werden, um den Kernpunkt der Blüthenbildung zu erfassen; an sie schliesst sich die morphologische Definition der Blüthe und deren allgemeines Verhalten an; es endigt die Blüthenmorphologie mit der speciellen Schilderung der Sexualorgane und ihrer accessorischen Begleiter und auch da werden uns zwischendurch Schwierigkeiten entgegentreten, dadurch hervorgerufen, dass die Natur sich nicht mit der consequenten Durchführung der anerkannten morphologischen Begriffe überall vereinigen lassen will.

II. Abschnitt.

Die Morphologie der Vegetationsorgane.

Kapitel 1.

Allgemeine Anordnung der Sprossungen.

Vorrang der Caulome. Fast an allen Phanerogamen tritt zu jeder Zeit die Bildung der Caulome, sie mögen eine specifische Gestalt haben, welche sie wollen, als das Maassgebende in der ganzen Gestalt auf. Die Dicke, die Streckung, die Lebensdauer, der Reichthum an Zweigen und deren Ansatz an den Abstammungssachsen ist meistentheils das Auffallendste und Charakteristischste in den vegetativen Sprossungen; sogar die im Typus so gleichförmig gebauten Stämme der Laubbäume zeigen im unbelaubten Zustande allein in der Gestaltung der Caulome Unterschiede, welche die Art mit einer gewissen Sicherheit darnach zu bestimmen gestatten. Begründen lässt sich dieser Vorrang der Caulome dadurch, dass sie schon in der jugendlichsten Pflanze die erste Stelle behaupten als die zuerst angelegte Hauptachse, und dass sie dort wie später in der Regel Wurzeln und Blätter aus ihren localisierten Meristemen ausgliedern. Von den Blättern versteht sich dies aus der einfachsten Anschauung; aber in der Entwicklungsgeschichte des Embryo zeigt sich auch von der Hauptwurzel, dass dieselbe nicht eine continuirliche Fortsetzung des Stengels, sondern eine innere, aber axile Aussprossung desselben ist, und die adventiven Wurzeln entspringen um so deutlicher aus den Caulomen. Wenn sich auf natürliche oder künstliche Weise in einem proliferirenden Blatte (wie bei *Drosera*, *Bryophyllum*, *Peperomia*, *Begonia*, s. oben S. 594) ein Meristem bildet zu einer vegetativen Reproduction derselben Pflanze, so bildet sich für die junge Pflanze selbst zunächst das Caulom, welches simultan mit seiner Entstehung nach oben Blätter ausgliedert und später adventive Wurzeln austreibt. Wenn *Neottia Nidus avis* und *Anthurium longifolium* eine Wurzel Spitze in eine neue Pflanze verwandeln [vergl. oben], so bekommt dieselbe den Caulomcharakter durch Abwerfen der Wurzelhaube und Ausgliederung von jungen Blättern aus der umgewandelten Spitze. Sehen wir ab von jenen vegetativ den übrigen Phanerogamen so fern stehenden Parasiten, den oben erwähnten Rafflesiaceen und Balanophoraceen und ähnlichen, so sind die Fälle äusserst selten, wo nicht zu jeder Zeit ein wohl gegliedertes und äusserlich durch Phyllome wenigstens in Andeutungen normal charakterisirtes Caulom einen integrirenden Bestandtheil, oft den bedeutendsten der ganzen vorhandenen Pflanze ausmachte.

Adventive Caulome. Aber es kommen auch von dieser strengen Geset-

mässigkeit, welche die Caulome als die nie fehlende und daher erste, die übrigen Sprossungen bestimmende Rangklasse hinstellt, Ausnahmen vor. Figur 4 stellt eine solche Pflanze dar, bei welcher vielmehr die verzweigte Wurzel als die dauernde, den Caulomen allein ihren Ursprung verleihende und deswegen ihnen übergeordnete Sprossung zu betrachten ist; bei *Monotropa* lässt ein sehr reich verästeltes, aus glasigem Zellgewebe bestehendes Wurzelsystem stellenweise adventive Caulome aus sich hervorgehen, welche im Spätsommer und Herbst des einen Jahres angelegt im Sommer des nächsten Jahres zur Blüthe gelangen und normal beblättert sind, wiewol die Blätter nur in Gestalt von bleichen Schuppen erscheinen; der dünne Ansatz der Blüthenstengel, mit welchem dieselben den



(B. 138.)

Fig. 4.

Monotropa Hypopitys, L. Blüthen-entwickelnder Stengel im Sommer, mit dünner Basis (C) endogen aus einer reich verzweigten Wurzel (W) gebildet; natürl. Grösse.

s. REINKE, Niederrhein. Gesellsch. für Natur- und Heilkunde in Bonn, 17. Febr. 1873, und Flora 1873) diese ihre Functionen durch ein unterirdisches Caulom

Wurzeln ansitzen, geht aus dieser eignethümlichen Entstehungsart hervor, welche von SCHACHT [Beiträge zur Anatomie und Physiologie d. Gewächse, pag. 54—63 und Taf. V.] und von mir selbst in einer früheren Arbeit [Biologie von *Monotropa Hypopitys*, L., und *Neottia Nidus avis*, L., pag. 46, 47] geschildert und durch anatomische Figuren erläutert ist. Auch hier haben wir die merkwürdige Thatsache, dass diese morphologisch-abnorme Pflanze sich ebenso durch abnorme physiologische Lebensweise auszeichnet; sie ist Parasit oder Saprophyt, und ihr Ernährungsorgan ist die Wurzel; schon die Keimpflanzen scheinen aus dem Samen nur letztere hervorgehen zu lassen (durch Unterdrückung der Caulomanlage), obgleich Genaues über deren Entwicklung noch nicht bekannt ist. So lange diese Pflanze nur vegetativ sich gliedert, bedarf sie keiner Sprossungen als der bei ihr alle Functionen erfüllenden Wurzel; erst der unerlässliche Sexualakt veranlasst die Bildung adventiver Caulome mit Blättern und Blüthen, welche nicht nur nichts zur Ernährung beitragen, sondern im Gegentheil grosse Massen Nahrung aus den Wurzelreservoirn verzehren; sobald die Samen gereift sind, werden die adventiven, nun unnütz gewordenen Stengel abgeworfen und die betreffenden Wurzeltheile bleiben allein erhalten. Wir können nun zwar dafür zunächst noch keinen zwingenden Grund finden, weshalb *Monotropa* nicht auch wie manche andere Phanerogamen von ähnlicher Lebensweise (z. B. *Corallorrhiza*,

erfüllt, dessen oberirdische normale Verzweigungen dann die Blüthenstengel bilden könnten; allein dass diese morphologische Ausnahme nur bei einer physiologisch abnorm lebenden Pflanze eintreten kann, das verstehen wir sofort, und daher wird auch hier sogleich das übermächtige Walten der mit den einfachsten Mitteln sich begnügenden Lebensökonomie im Haushalt der Pflanzen klar, und wir dürfen uns nicht wundern, wenn dieselbe immer auf's Neue erhebliche Ausnahmen in die morphologischen Gesetze hineinbringt.

Auch diese Ausnahme steht natürlich nicht vereinzelt da, wenngleich wohl nur wenige Pflanzen die individuelle Lebenserhaltung so sehr in die Wurzel legen und die Caulome nur adventiv austreiben lassen. Die Zahl solcher Pflanzen, welche neben ihrer normalen Wachstums- und Verzweigungsweise der beblätterten Achsen solche nebensächlich zur vegetativen Vermehrung auch als Adventivbildung der Wurzeln produciren, ist nicht unbeträchtlich. Es ist neuerdings von WARMING [Om Knopdannelse paa Rödder; Botanisk Tidskrift, III. Serie, Bd. 2, pag. 53—63; 1877] ein Verzeichniss darüber aufgestellt, aus dem hervorgeht, dass namentlich die Holzgewächse der Dicotyledonen zahlreich solche Wurzelausschläge treiben, wie das aus dem anatomischen Bau verholzender Wurzeln sich erwarten liess; die Entstehung der »Wurzelbrut« ist von HARTIG [Anatomie und Physiologie der Holzpflanzen, 1878; pag. 246 sqq.] geschildert. Aber auch die Zahl der krautartigen Gewächse mit adventiven Knospenbildung an Wurzeln ist nicht gering, und bei vielen scheint diese Bildung mit grosser Regelmässigkeit stets einzutreten. So lieferte namentlich *Scilla Hugii* [abgebildet durch WARMING, 1. c. pag. 61, Fig. 1] ein sehr schönes Beispiel dafür, und die an den langgestreckten Wurzeln sich bildenden Zwiebelchen, die sich alsbald selbstständig bewurzeln, entsprechen in ihrem physiologischen Effect durchaus der oben geschilderten vegetativen Reproduction von *Polygonum viviparum* durch axilläre Zwiebelchen, wenngleich der Ursprungsort ein sehr verschiedener ist. Man wird durch die zahlreichen Ausnahmen, welche in der Neuzeit immer mehr an das Licht gefördert werden, veranlasst, die topologische Morphologie als eine unnatürliche und von der Wissenschaft selbst gebildete Bezeichnungsweise stets mehr zu verlassen und in der physiologisch-mechanischen Richtung den sicheren Fortschritt der Wissenschaft als in dem wahren Ausdruck der Natur zu suchen. — Um übrigens auf die grosse Zahl von Phanerogamen zurückzukommen, deren Wurzeln adventive Stengelknospen bilden, so sei bemerkt, dass MAGNUS das erwähnte Verzeichniss der krautartigen Pflanzen noch vermehrt hat [Sitzungsber. des botan. Vereins d. Prov. Brandenburg, 26. Apr. 1878]. Namentlich wird auch *Scabiosa ochroleuca* als eine Pflanze erwähnt, welche an ihrer Pfahlwurzel häufig adventive Stengelknospen bildet, vermittelst deren die Pflanze oft überwintert; sie brechen aus ihr in von oben nach unten fortschreitender Folge hervor, die obersten bilden sich zu oberirdisch überwinternden Blattrosetten aus, während die untersten in ihrem unentwickelten Zustande stecken bleiben.

Wachsthum der Wurzeln. Diese Ausnahmen beeinträchtigen also die vorhin aufgestellte Regel, dass die Caulome es sind, welche zuerst die Hauptwurzel, dann aber sehr häufig noch eine unbestimmte Anzahl adventiver, die Hauptwurzel in ihren Functionen ergänzender oder ersetzender Adventivwurzeln ausgliedern. Die Zahl der letzteren und überhaupt ihr Hervortreten aus Theilen der Achse, welche im embryonalen Zustande noch keine Wurzelanlagen zeigten, wird in erster Linie durch die Wachstumsfähigkeit der Hauptwurzel bedingt. Dieselbe ist bei sehr vielen Dicotyledonen befähigt, nicht nur reiche eigene Verzweigungen

bilden, sondern auch durch secundäres Dickenwachsthum (s. die vergleichende Anatomie) mit den Erfordernissen des sich regelmässig verdickenden Stengels gleichen Schritt zu halten; dadurch fällt dann die Nothwendigkeit adventiver Wurzelbildungen fort, und so besitzen namentlich die Laubbäume der genannten Klasse ein starkes, aus den normalen Verzweigungen der Hauptwurzel hervorgegangenes Wurzelsystem, und ebenso die Nadelhölzer; die Hauptachse der Wurzel wird alsdann Pfahlwurzel (*Radix palearia*) genannt, welche Wurzeläste, -zweige und -zäsern ausbildet. Dagegen fehlt den Monocotyledonen und einer grossen Zahl von nicht zu Bäumen heranwachsenden Dicotyledonen das kräftige Weiterwachsen der Hauptwurzel; dieselbe kann sich nicht zu einer Pfahlwurzel heranbilden, und in der Regel sind auch ihre erstgebildeten Aeste nicht im Stande, durch eigenes kräftiges Weiterwachsen und reichere Verzweigung dieselbe zu ersetzen. Dann muss der Hauptstengel oder dessen Aeste durch Bildung adventiver Wurzeln aushelfen; dieselben haben oft schon kurz nach der Keimung der jugendlichen Phanerogame ein sehr intensives Wachsthum, und so kann man auch schon an der in Fig. 1 abgebildeten *Nymphaea* das Ueberwiegen des Wachstums der Adventivwurzeln (RA), verglichen mit der Hauptwurzel (R) auffällig bemerken. Dieselben entstehen dem oben Gesagten entsprechend endogen, haben aber mit der Hauptwurzel alle Eigenschaften gemeinsam bis auf die derselben zukommende Fähigkeit, durch kräftiges Dickenwachsthum und reiche Verzweigung die Wurzelfunctionen auf eine einzige Rhizicom-Hauptachse zu concentriren; wo adventive Wurzeln sich überhaupt bilden, entstehen sie auch in Mehrzahl, und sind in der Regel nur für eine kurze Lebensdauer bestimmt, werden durch jüngere ersetzt, wie die ältesten einst zum Ersatz der Hauptwurzel bestimmt waren. — Wo Wurzeln Caulome durchbrechen — so also auch bei der endogenen Anlage der Hauptwurzel im Samen — lassen sie äusserlich einen ringartigen Wulst an der Durchbruchsstelle entstehen; man nennt diesen die Wurzelscheide (*Coleorrhiza*); an Adventivwurzeln fehlt dieselbe nicht, an der Hauptwurzel sollte sie auch nicht fehlen, ist aber sehr oft nicht deutlich erkennbar und durch allmäthliche Ausstreckung des Stengels verwischt. Am deutlichsten pflegt sie bei keimenden Monocotyledonen, z. B. bei den Gramineen und Palmen sich zu erkennen zu geben, und dies gab A. RICHARD [l. c. pag. 160—163, *de l'embryon*; und an anderen Orten] Veranlassung, auf diesen Charakter eine Trennung zwischen Exorhizen (entsprechend unseren Dicotyledonen) und Endorhizen (entsprechend unseren Monocotyledonen) zu versuchen. Die genauere Untersuchung der Entwickelungsgeschichte der Hauptwurzel bei beiden hat zwar die Schärfe des Charakters verwischt, doch besteht bei der Mehrzahl der die beiden Klassen constituirenden Pflanzen eine Verschiedenheit der äusseren Erscheinung und liefert daher der Systematik einen sogen. typischen Charakter.¹⁾

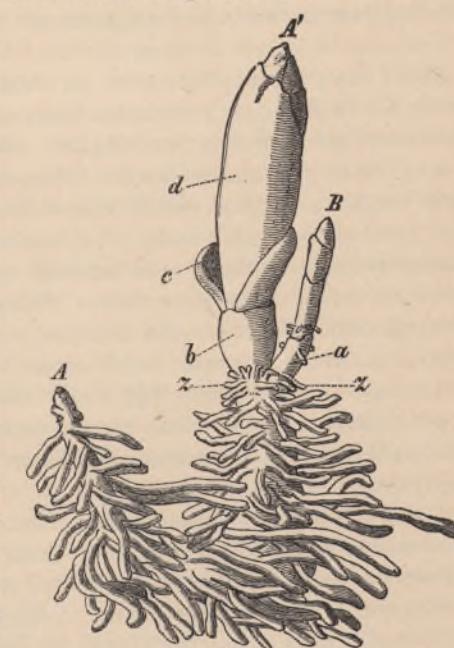
Die Verzweigung der Wurzeln geht in ziemlich freier Weise vor sich und hat durchaus nicht jene Regelmässigkeit in der Anordnung der Sprossungen, wie sie die Stengel zeigen; nur ganz im allgemeinen lässt sich feststellen, dass die jüngsten Verzweigungen der Spitze der Abstammungssachse zunächst sich ausgliedern, dass die weiter von der Spitze entfernten ihr grösseres Alter durch bedeutendere Dimensionen und durch eigene Ausgliederung anzeigen; aber sehr

¹⁾ Man benennt so diejenigen Charaktere, welche zu viele einzelne Ausnahmen zeigen, als dass ihre strenge Anwendung zur Classificirung und zu Kriterien ersten Ranges erlaubt wäre.

vielfach brechen zwischen schon gebildeten Wurzelverzweigungen jüngere neu hervor, und wenn man diese nicht als adventiv bezeichnen will, was zwischen den durchaus gleichen älteren Verzweigungen mindestens gezwungen erscheint, so thut man am besten, die Verzweigungsfolge aus den Wurzeln als überhaupt nicht morphologisch streng geregelt, sondern mehr von physiologischen Bedürfnissen und Zufälligkeiten abhängig anzunehmen. Dass in der Architektonik der Wurzeln in der That das Element, in dem ihre Ausgliederung und Verdickung stattfindet, eine beachtenswerthe Rolle spielt, geht daraus hervor, dass in Nährstofflösungen gezogene Pflanzen mit frei in der Flüssigkeit hängenden Wurzeln eine viel regelmässigere Verzweigungsart, die jüngsten Sprossungen der Spitze zunächst, aufweisen. Ebenso zeigen schwimmende Wasserpflanzen oft eine sehr regelmässige Wurzelverzweigung, z. B. die in den Aquarien der botanischen Gärten überall cultivirte *Pistia*. Diese Sprossungsweise ist dann, ebenso wie die Anlage von Phyllomen an Caulomen, acropetal.

Anlage von Wurzeln aus intercalaren Vegetationspunkten. —

Wenn wir alle diejenigen Wurzeln als adventiv bezeichnen wollen, welche nicht von der primären Hauptwurzel abstammen, sondern erst nach der Keimung aus dem Stengel ausgegliedert werden, so ist dadurch zwar eine scharfe Definition gegeben, allein sie kann deshalb noch nicht befriedigen, weil der Stengel in sehr verschiedener Weise Wurzeln ausgliedern kann, so dass dann derselbe Ausdruck sehr verschiedene äussere Erscheinungsformen bezeichnen würde. HOFMEISTER [l. c. pag. 421] erklärt solche Achsen für adventiv, welche an Theilen des Pflanzenkörpers sich bilden, die schon aus dem Zustande der Vegetationspunkte herausgetreten sind und sich zu Dauergeweben umbilden oder gar umgebildet haben. Hiernach würde die Definition adventiver Wurzeln zwar durchaus anders motivirt, aber im Thatbestande fast durchaus mit der soeben gegebenen übereinstimmend sein, da der Stengel nicht am Vegetationspunkte, sondern erst tiefer und oft erst in schon seit sehr langer Zeit in Dauergewebe übergegangenen Stellen Wurzeln auszugliedern pflegt. SACHS [l. c. pag. 174] bezeichnet die Sprossbildung als normal, welche aus dem Vegetationspunkt kommend durch ihre regelmässige Wiederholung in bestimmten Punkten der fortwachsenden Achse für die Architektonik der Pflanze maassgebend ist und stellt dazu in Gegensatz die adventive als diejenige, die an älteren Theilen des Achsengebildes entfernt vom Scheitel und ohne bestimmte Ordnung erfolgt. Ich halte die »bestimmte



Neottia nidus-avis, LINNÉ. Ganze Pflanze in der Winterruhe, in natürlicher Grösse. A A' Hauptachse; A' der Vegetationspunkt (von den Blättern umschlossen); A der ältere absterbende Theil. ZZ die Zone der neu austretenden Wurzeln, a unterstes deutliches Blatt mit axillärem Spross, b, c, d die darauf folgenden Niederblätter. B der axilläre Spross von a.

Ordnung für wichtiger als die Frage, ob der Entstehungsort gerade der eigentliche Vegetationspunkt (d. h. der an der Spitze liegende) ist oder nicht; denn beide Bedingungen fallen in vielen Fällen nicht zusammen. Darnach erkläre ich auch solche Wurzeln für nicht adventiv, sondern für normal entsprossen, welche an erzeugungsfähigen Punkten der fortwachsenden Achse in bestimmter Reihenfolge erscheinen, und also intercalaren Vegetationspunkten entspringen.

Die umstehende Figur kann dafür als Beispiel dienen. Die unterirdische Achse [Rhizom genannt] der bekannten Orchidee *Neottia* ist von ihrem älteren Ende (A) an bis zu einer Zone (ZZ) hin, über welcher die Blätter grösser werden und die Blüthen des nächsten Jahres einhüllen, mit einer dichten Aufeinanderfolge unverzweigter Wurzeln continuirlich bedeckt; dieselben sind beim Wachsthum dieser unterirdischen Achse, aber immer fern vom Vegetationspunkt entstanden, und zwar immer ein beträchtliches Stück hinter der Achsen spitze her sich in derselben Richtung weiter entwickelnd, so dass an der Zone ZZ selbst die jüngsten Wurzeln soeben hervortreten. Auch schon an dem Seitenspross der Abstammungssachse AA¹, nämlich an der Achse B, treten in den untersten Partien die jüngsten Wurzeln seitlich hervor und andere werden nach oben hin folgen, wenn diese Seitenachse im Verlängern begriffen ist, werden also hinter dem fortwachsenden Vegetationspunkt ein beträchtliches Stück zurückbleibend sich nach oben zu weiter entwickeln. Der eingeschobene intercalare Vegetationspunkt bleibt also eine bestimmte Länge vom terminalen Vegetationspunkt entfernt und ist dort seitlich ausgliedernd thätig. Das Produkt seiner Thätigkeit spielt in der Architektonik der Pflanze eine bestimmte Rolle und bildet einen wesentlichen Charakterzug derselben; man bemerkt auch kein Einschieben jüngerer Wurzeln zwischen schon vorhandene ältere. Diese Wurzeln habe ich daher schon früher [Biologie von *Monotropa* und *Neottia*, pag. 9] als Seitenwurzeln unterschieden und halte es für passend, durch einen Zusatz anzugeben, aus was für einer Art von Achse sie hervorbrechen. Sie würden daher in diesem Falle Rhizomseitenwurzeln sein; wenn sie dagegen, wie z. B. bei *Acanthorrhiza*, *Iriartea* und anderen Palmien, aus einem Holzstamme hervorbrechen, Stammseitenwurzeln.

Durch Anwendung dieses Terminus wird allerdings die Zahl der wirklich adventiven Wurzeln sehr gering werden, fast eben so gering wie die adventiver Caulome. Denn bei genauer Betrachtung der Gewächse, welche seitliche Wurzeln aus Caulomen ausgliedern, wird man fast immer etwas Aehnliches finden, wie ich es bei *Neottia* als an einem ganz besonders deutlichen Beispiele geschildert habe, nämlich dass die Bildung dieser Wurzeln nur in ganz bestimmten Achsenstücken stattfindet, in solchen, die ein bestimmtes Alter erreicht und ihr Wachsthum bis auf die fehlende Wurzelbildung eingestellt haben; auch wird man ein regelloses Hervorbrechen der Wurzeln, gleichzeitig an verschiedenen und ungleichwerthigen Regionen der Caulome, viel seltener finden als das Innehalten der bestimmten Reihenfolge. Es soll aber durch den neuen Ausdruck zum Unterschiede von Adventivbildungen der Wurzel bezweckt werden, dass in dieser Bildung eine feste Regel anerkannt wird, welche wirklich vorhanden ist. Leider giebt es fragliche Fälle, in denen die Bestimmung schwierig ist, ob man es mit Seitenwurzeln oder Adventivwurzeln zu thun hat; diese Uebergänge dürfen aber die Feststellung bestimmter Ausdrucksweisen nicht stören, da man sie überall findet. —

Ausgliederung der Phyllome. — Die Anlegung und Ausbildung der Blätter an den Caulomen ist eine viel regelmässigere; schon oben wurde hervorgehoben, dass an den rein vegetativen Organen adventive Phyllome fehlen, und ebenso regelmässig wie das erste Hervortreten aus der Achse ist auch das zeitliche Ausbilden der Blätter an eben der Stelle: alle halten genau die Reihenfolge inne,

so dass sich das jüngste der Caulomspitze, zu der es gehört, am nächsten bildet und mit seiner Ausbildung später fertig wird als alle älteren, welche von der Caulomspitze entfernt schon vorher aufgetreten waren. Diese streng geregelte Reihenfolge in Anlage und Wachsthum wird, wie schon oben erwähnt wurde, als acropetale Entwicklung bezeichnet und sie gehört zu den Charakteren echter und vegetativer Blätter. Durch sie bekommt die Architektonik des einzelnen Zweiges und durch sie die der ganzen Pflanze jene charakteristische Gleichförmigkeit, welche jeder Art ihren eigenen Charakter aufprägt, denn die auf einander folgenden Blätter halten gleiche Intervalle inne und erscheinen dieser Regelmässigkeit entsprechend an bestimmten und vorher aus den schon vorhandenen Blättern bestimmmbaren Stellen. Für diese Stellen können nur zwei Grössen maassgebend sein, da die Blätter alle darauf angewiesen sind, auf der Oberfläche ihrer Abstammungssachse festzusitzen: einmal kann der Höhenabstand, um welchen jedes jüngere Blatt über jedem älteren steht, eine bestimmte Grösse haben, und zweitens ist die Richtung der Mittellinie jedes jüngeren Blattes von der Richtung der Mittellinie des nächst älteren um einen bestimmten Winkel verschieden.

Hierdurch ist die Stellung jedes Blattes und das Aussehen jedes Zweiges, so weit es von der Zahl und Richtungsverschiedenheit der ihn bekleidenden Blätter abhängt, bestimmt. Die acropetale Entwicklung derselben bedingt eine strenge Gesetzmässigkeit in der vollendeten Blattstellung, welche sich am Vegetationspunkt herausbildet, und man bezeichnet diesen Theil der Morphologie als Phyllotaxis.

Vorher ist aber noch Folgendes zu bemerken: An jeder blatttragenden Stelle der Abstammungssachse entwickelt sich nur ein einziges Blatt, und man nennt diese, oft durch eine äussere Verdickung und stets durch eine anatomische Besonderheit ausgezeichnete Stelle derselben einen Knoten (Nodus). Das einzige Blatt kann von einem Paar ihm ähnlicher Phyllome begleitet sein, deren eines rechts und das andere links in genau gleichen Abständen von seiner Mittellinie entspringt; diese paarigen Begleiter des Hauptblattes heissen Nebenblätter (Stipulae, vergl. Fig. 15), und so wichtig dieselben nicht selten für die eintheilende Systematik sind, so wenig Wichtigkeit besitzen sie in der Phyllotaxis, da sie in ihrer Stellung sich durchaus nach der des Hauptblattes richten und deswegen hier gar keine Berücksichtigung beanspruchen. Der Stengel wird durch die Ansätze der Blätter in verschiedene Etagen zerlegt, welche man erhält, wenn man durch jeden Nodus eine Horizontalebene (die Stengelachse vertical gedacht) hindurch legt: diese blattfreien Zwischenstücke des Stengels heissen seine Internodien. Die blatttragenden Stellen dagegen werden als seine Insertionsstellen bezeichnet; an ihnen sind die Blätter inserirt. —

Gesetze der Phyllotaxis. — Die Beblätterung des Stengels giebt sich nun verschieden zu erkennen, je nachdem man dieselbe auf eine verticale oder auf eine horizontale Ebene projicirt; bei der Verticalprojection werden die Internodien in ihren Längenverhältnissen zur Geltung kommen, und die oberflächlichste Beobachtung lehrt, dass diese Längenverhältnisse an der wachsenden Pflanze variable Grössen sind, welche von der ersten Bildung eines neuen Internodiums bis zu einem gewissen Alter hin zunehmen und dann erst unverändert bleiben; die letzteren, die ausgewachsenen Internodien, pflegen zwar unter sich ziemlich in den Längsdimensionen übereinzustimmen, aber niemals genau, und es lässt sich leicht erkennen, dass diese Länge ausser von der specifischen

Wachsthumsthätigkeit der Pflanze in sehr hohem Grade von dem Einflusse physikalischer Faktoren abhängt. Nur in einem Punkte herrscht eine constante und durchgreifende Verschiedenheit: bei einer grösseren Zahl von Phanerogamen trifft die durch einen Blattknoten gelegte Horizontalebene auf ihrer Schnittfläche rings um den Stengel kein zweites Blatt, weil alle übrigen deutlich höher oder tiefer stehen; bei einer kleineren Zahl trifft die durch eine Blattinsertion gelegte Ebene entweder ein diesem Blatte genau gegenüberstehendes Blatt (vergl. Fig. 14), oder sogar gleichzeitig drei und mehrere Blätter; in diesem letzteren Falle coïncidiren also die Insertionsebenen von zwei oder mehreren Blättern miteinander und bilden eine gemeinschaftliche.

Die weiteren Gesetze der Phyllotaxis können nun aber erst durch die Horizontalprojection der Blätter gewonnen werden. Bei dieser denkt man sich als Beobachter in die verlängerte, Blätter producirende Achse hinein und betrachtet die Anordnung der Blätter rings im Raume um die Achse herum, ohne auf die Internodienlänge zu achten; es treten da also vorzugsweise die Winkel hervor, unter denen sich die Mittellinien der einander zunächst stehenden und aufeinander folgenden Blätter schneiden. Sollen die Blätter in dieser Horizontalprojection wirklich auf Papier graphisch aufgetragen werden, so tritt hier die allgemein zur Verwendung kommende Methode auf, die Achse in den Mittelpunkt ebenso vieler concentrischer Kreise zu zeichnen, als Blattinsertionsebenen an derselben entwickelt sind (oder als dargestellt werden sollen); die innersten, der Achse zunächst liegenden Kreise dienen dann zur Eintragung der höchsten Blätter, die äussersten Kreise zu der der tiefsten und ältesten. Es wird also bei dieser Horizontalprojection von aussen nach innen gezeichnet, was am Stengel selbst von unten nach oben aufeinander folgt. Diese Horizontalprojection ergänzt sich mit der Verticalprojection so, dass beide zusammen den genauesten Aufschluss über alle Anordnungen seitlicher Sprossungen geben und durch die Klarheit der Darstellung die besten und natürlichsten Zeichnungen weit übertrifffen (s. Figur 6 und 7). —

Rectiserierte Blätter. — In Horizontalprojection gebracht müssen nun die vorhin unterschiedenen zwei Hauptfälle, wo nämlich entweder nur je ein Blatt auf einer Insertionsebene, oder zwei bis mehrere lagen, sich so unterscheiden, dass im ersten Falle auf jedem concentrisch um die Achse gelegten Kreise nur je ein Blatt gezeichnet wird, im letzteren zwei oder mehrere. Beachten wir nun die Winkeldifferenzen aller Blätter und zwar zunächst bei denen, welche zu mehreren einer und derselben Insertionsebene angehören, so finden wir, dass sich die auf einer Durchschnittsebene stehenden Blätter möglichst genau in den ganzen Stengelquerschnitt an der betreffenden Stelle theilen, indem sie gleiche Winkel unter einander bilden und dabei das Bestreben zeigen, möglichst weit von einander zu divergiren. Zwei Blätter auf demselben Insertionskreise bilden daher mit ihren Mittellinien einen Winkel von 180° , oder anders ausgedrückt, sie stehen sich genau einander gegenüber [*Folia opposita* opponierte, gegenständige Blätter]. Stehen mehr als zwei Blätter auf demselben Insertionskreise, so nennt die descriptive Morphologie dieselben *gequirlt*, [*Folia verticillata*], ohne in der Regel die Zahl derselben genauer anzugeben; nach letzterer richtet sich aber die Winkeldivergenz, indem die Mittellinien aller Blätter bei je drei vorhandenen jedes Mal einen Winkel von 120° , bei vier vorhandenen von 90° , bei sechs von 60° u. s. w. bilden. Die Blätter vertheilen sich also möglichst gleichmässig im Raume, und dieses Prinzip zeigt sich auch

durchschlagend beim Vergleich mehrerer über einander liegender, mit je zwei oder mehr Blättern besetzter Insertionskreise. Es stellt sich nämlich alsdann jeder höhere Kreis mit seiner gleichen Zahl von Blättern jedes Mal in die grössten Lücken, welche der untere Kreis freigelassen hat. Bei opponirten (gegenständigen) Blättern, deren Mittellinie einen gestreckten Winkel mit einander bilden, ist die grösste Lücke jedenfalls in den Richtungen offen gelassen, welche mit jedem Schenkel des vorigen Winkels in der Horizontalprojection einen rechten Winkel bilden und sich also mit der ersten geraden Linie geradlinig und rechtwinkelig durchkreuzen; thatsächlich stehen daher die beiden höheren Blätter rechtwinkelig zu der Richtung der beiden tieferen, und indem sich dieses Spiel stets wiederholt, entwickelt der dritte Blattkreis schon zwei Blätter, welche genau über die Blätter des ersten Insertionskreises fallen, da sie sich selbst mit dem zweiten Kreise gleichfalls rechtwinkelig kreuzen müssen. So entsteht jene gewöhnliche Erscheinung *gekreuzte Blätter* [*Folia opposita decussata*], die Normalstellung für gegenständige Blattpaare. Es ist dabei nun noch zu bemerken, dass die Opposition derselben gewöhnlich keine mathematisch genaue zu sein pflegt, sondern je ein Blatt des Paars steht meistens ein wenig höher, das gegenständige ein wenig tiefer; dieselbe Erscheinung wiederholt sich an allen entsprechenden Blättern derselben Sprosses, so lange derselbe in der einmal eingeschlagenen Wachstumsweise fortfährt, und auch die sich mit dem als Ausgangspunkt gewählten (untersten) Blattpaare kreuzenden Paare stehen nicht auf völlig gleicher Höhe inserirt, sondern in einer gleichsinnigen Weise ebenfalls etwas verschoben, so dass sich die sich kreuzenden Paare auch betrachten lassen als Combination aus zwei den Stengel in derselben Richtung umlaufenden Spirallinien, welche an jedem Blattknoten je ein von dem unteren Blatte um 90° entferntes neues Blatt treffen. An diese Anschauung hat die Spiraltheorie angeknüpft, um die ihr nothwendigen Spirallinien auch in diesen ersten Hauptfall hineinzubringen. Diese Anschauung ist jetzt nicht mehr haltbar; und da sich die eben von der gekreuzten Blattstellung angegebenen Verhältnisse auch in gleicher Weise an den gequirten Blättern wieder finden, wo gleichfalls jeder höhere Quirl sich in die grössten Lücken des zunächst unter ihm stehenden Blattquirls zu stellen strebt, so kennzeichnet sich dieser erste Hauptfall allgemein dadurch, dass der Stengel doppelt so viele, aus genau über einander stehenden Blättern gebildete gerade Blattzeilen [*Orthostichen*] an sich trägt, als Blätter in jedem Insertionskreise zusammen stehen; die Zahl der Orthostichen ist also für die decussirte Stellung opponirter Blätter 4, für die zu dreien gequirte und decussirte Stellung 6, u. s. w. Solche Blätter heissen *geradzeilig* gestellt, *Folia rectiseriata*.

Es seien zunächst einige Beispiele aus der lebenden Pflanzenwelt erwähnt, welche für die geschilderte decussirte und gequirte Blattstellung passende Beispiele liefern. Es sind mit Absicht im Texte solche Figuren zur Erklärung des Gesagten vermieden, für welche der Leser sich leicht das Material verschaffen und an ihm sich in die Verhältnisse viel leichter hineindenken kann, als es durch eine einzige Abbildung möglich wäre. Es sei hier überhaupt auch für alle kommenden Fälle bemerkt, dass die morphologischen Lehrsätze für solche, die ihnen fremder gegenüberstehen, nur dann Interesse bekommen können, wenn sie durch Beobachtungen an den Pflanzen selbst, durch Controliren und Nachuntersuchen Leben und festen Boden bekommen.

Die *opponirt-decussirten* Blätter sind charakteristisch für eine grosse Reihe von Gewächsen, finden sich so gut wie ausnahmslos in gewissen Familien; so bei den Myrtaceen, für die die gewöhnliche Myrthe als Beispiel dienen kann; die durch den Flieder (*Sambu-*

cus), die Gattungen *Lonicera* und *Viburnum* charakterisirten Caprifoliaceen, und deren Verwandte; die Valerianaceen und die tropischen Repräsentanten der Rubiaceen liefern ausserdem zahlreiche Beispiele dafür; von einheimischen Bäumen kann die Esche (*Fraxinus excelsior*) als ausgezeichnetes Beobachtungsobject empfohlen werden.

Die Zahl der Beispiele für gequirlte Blätter ist eine ungleich geringere; zwar scheinen die in der europäischen Flora gemeinen Repräsentanten aus der schon oben genannten Familie der Rubiaceen dafür dienen zu können, nämlich der bekannte Waldmeister (*Asperula odorata*) und die Arten der Gattung *Galium*, allein das eigenthümliche Verhalten dieser Blattquirle ist unter der Blattmorphologie specieller zu betrachten. Ausgezeichnete Quirle zeigen einige Wasserpflanzen wie die Gattungen *Ceratophyllum* und *Myriophyllum*, der diesen verwandte Tannenwedel (*Hippuris vulgaris*) und einige andere; auch unter den Monocotyledonen kommen gequirte Blätter vor, wie namentlich der Viererquirl bei der Einbeere (*Paris quadrifolia*) und bei *Convallaria verticillata*. Bei letzterer ist aber die Quirlbildung deswegen viel complicirter zu erörtern, weil sich meistens die Gliederzahl in jedem einzelnen Quirl von unten nach oben vermehrt und sonstige Unregelmässigkeiten zeigt. Durch eine ähnliche Unregelmässigkeit kann auch der Fall eintreten, dass aus der Stellung der *Folia opposita decussata* nach oben hin am Stengel Dreierquirle hervorkommen, wie z. B. bei Sprossen der alpinen *Valeriana triptera*, die aber noch häufiger die normale Blattstellung bis oben hin unverändert beibehält.

Curviserierte Blätter. — Wir gehen nun zur Betrachtung der Blattstellungen über, bei denen jede durch eine beliebige Blattinsertion gelegte Durchschnittsebene des Stengels rings nur die freie Stengeloberfläche durchschneidet, aber kein zweites Blatt mehr trifft. Die vorige Stellung kennzeichnete sich durch die bestimmte Zahl der Orthostichen, welche in den Fällen wenigstens, wo jeder Cyclus nur wenige (2—4) Blätter producire, sogleich auffällig hervortraten und mit der Zahl der in dem Cyclus vorhandenen Blätter im proportionalen Verhältnisse stand. Es fragt sich, ob man nicht dieselben Orthostichen auch in diesem zweiten Hauptfalle bemerken kann. In der That liefert jeder nach oben Blüthen entwickelnde Grashalm in seiner vegetativen Region das einfachste Beispiel dafür, indem seine Blätter genau in zwei Zeilen stehen, welche in dieselbe, durch die Mittellinie der Blätter gelegte Durchschnittsebene des Stengels fallen. Hier ist also eine Stellung, welche der vorher geschilderten der »*Folia opposita*« ähnelt, sich von ihr aber wesentlich dadurch unterscheidet, dass je zwei auch hier möglichst weit von einander gerückte Blätter bei einer Divergenz von 180° auf ungleicher Höhe stehen; das dritte Blatt, von einem beliebigen Blatt als Ausgangspunkt angenommen, steht genau über dem ersten und ist um fast soviel höher am Stengel inserirt, als das zweite über dem ersten; ebenso fällt das vierte Blatt über das zweite, divergit mit dem dritten um 180° , und steht über dem dritten Blatte fast um ebenso viel am Stengel hinaufgerückt, als das dritte über dem zweiten. Diese Blattstellung nennt man im Gegensatz zu der gegenständigen die abwechselnde (*Folia alternantia*); da aber in diesem Fall speciell die Blätter wiederum zweizeilig sind, so ist der genaue Ausdruck für ihn zweizeilig-alternirende Stellung (*Folia alterne-disticha*). Eine so niedere Zeilenzahl kommt bei den gegenständigen Blättern nicht vor; es ist aber überhaupt die niedrigste, welche sich in den Phanerogamen vorfindet, denn einzeilige Blätter, bei denen jedes höher folgende direkt über jedem nächst unteren sich entwickeln würde, können an radiär gebauten Sprossungen nicht vorkommen und sind höchstens an dorsiventralen (s. unten) möglich.

Es kommen zuweilen in den Blüthenregionen und an auf der Erde niedergestreckt liegenden Stengeln Fälle vor, in denen einzeilige Blätter oder, was bei dem axillären Ursprung normaler Aeste dasselbe sagen will, einzeilig gestellte Aeste wirklich vorhanden zu sein scheinen; sie beruhen aber nur auf einer Täuschung, veranlasst durch eine Drehung und einseitige Ablenkung

(in Folge des Lichteinflusses etc.) der gebildeten Aeste und Blätter, der man leicht durch genaues Zurückgehen auf die wirkliche Insertionsstelle auf die Spur kommen kann. Man wird dann oft eine complicirte Spiralstellung finden, und oft wird sich die Zahl der Orthostichen kaum sicher angeben lassen. — In der Blüthenregion, namentlich wenn die den Aesten morphologisch gleichen Blüthenstile diese scheinbare Einzeiligkeit zur Schau tragen, spricht man alsdann von Einseitwendigkeit, und nennt die betreffenden Blüthen etc. *Flores secundi*. — Hier ist aber in jüngster Zeit durch GÖBEL eine gesetzmässige Anordnung in sehr vielen Fällen erkannt und als Dorsiventralität bezeichnet worden, von der später die Rede sein wird.

Die Zahl der Pflanzen, welche zweizeilige Blätter besitzen, ist ziemlich gering; suchen wir nach höheren Zahlen von Zeilen, so haben wir in den Cyperaceen (z. B. Arten der grossen Gattungen *Carex* und *Scirpus*) an den gestreckteren Halmen bequeme Beispiele für die nächste Zeilenanordnung. Daselbst stehen je drei Blätter in der Divergenz von 120° durch nahezu gleichlange Internodien getrennt; das vierte Blatt erst, durch drei volle Internodien vom ersten Ausgangsblatt getrennt, fällt scharf über das erste, und in derselben Reihenfolge weiter fällt nun das fünfte Blatt über das zweite, das sechste über das dritte, das siebente zugleich über das vierte und erste. Nummeriren wir die Blätter in dieser Reihenfolge weiter, so erhalten wir die drei den Stengel bekleidenden Zeilen in folgenden drei Reihen: Blatt 1, 4, 7, 10, 13 liefert die erste, Blatt 2, 5, 8, 11, 14 die zweite, und Blatt 3, 6, 9, 12, 15 die dritte Zeile. Bekanntlich stehen alle direkt auf einander folgenden Blätter in ungefähr gleichen Abständen von einander; setzen wir einmal voraus, die (vom Ausgangsblatt Nr. 1 gerechnet) Blätter Nr. 2 und 3 ständen mit Blatt 1, die Blätter 5 und 6 mit Blatt 3, die Blätter 8 und 9 mit Blatt 4, die Blätter 11 und 12 mit Blatt 10 u. s. w. ganz oder nahezu auf gleicher Insertionshöhe, so würden je drei zusammengehörige Blätter einen Cyclus bilden, wie es im ersten Hauptfall der Fall war, und die Blätter eines jeden Cyclus würden, durch ein langes Internodium getrennt, sich in ihren Stellungen genau in den oberwärts folgenden Cyclen wiederholen. Diese Anschauung ist erzwungen und deshalb mit der Natur widerstreitend, weil bekanntlich die Blätter jedes höheren Cyclus sich in die Mitte der Lücken zu stellen trachten, welche der untere Cyclus zwischen seinen Gliedern gelassen hat. Diese Anschauung soll nur das dem Verständniss näher bringen, dass je drei Blätter in sofern eine engere Zusammengehörigkeit bilden, als sich gerade über ihnen dasselbe Stellungsverhältniss von je drei höheren (jüngeren) Blättern wiederholt. Wenn das Ausgangsblatt ein ganz bestimmtes wäre und es nicht in der Hand des Beobachters läge, beliebig mit demselben zu wechseln, und wenn ferner jeder auf diese Weise willkürlich combinierte Cyclus sich durch Grösse, Farbe oder sonstige mit seiner Stellung selbst nicht direkt zusammenhängende Aeusserlichkeiten von den über und unter ihm combinierten Cyclen auffällig unterschiede, dann würde diese Combination in der Natur begründet sein, und dann würden wir sie auch mit demselben Namen »Cyclus« oder mit einem ähnlichen die Zusammengehörigkeit ausdrückenden bezeichnen dürfen; ich nenne sie hier, um Irrthümer zu vermeiden, einen Complex und werde von dieser Bezeichnung später in der Morphologie der Blüthe Anwendung machen. Die gleichmässig fortlaufende Entwicklung, der direkte Zusammenhang, in welchem Complex mit Complex durch den gleichen Divergenzwinkel (120°) und ungefähr gleiche Internodienlänge jedes Gliedes stehen, zeigt aber, dass von solchen Linien, welche uns diese Aufeinanderfolge am Stengel anschaulich machen soll, hier nur eine Spirale anwendbar ist, die vom Ausgangspunkt (Blatt 1) zum Blatt 2 hin aufsteigend dasselbe nach einer Drehung von 120° an einer höheren Stelle des

Stengels trifft, und ebenso fortlaufend nach neuer Drehung von 120° das Blatt 3 trifft, dann nach der letzten Drehung von 120° , mit der die volle Kreisperipherie durchlaufen ist, auf Blatt 4 trifft, welches selbst als neuer Ausgangspunkt, als Beginn eines neuen Complexes betrachtet werden kann. Dieselbe Spirallinie, wie sie für diese dreizeilig alternirenden Blätter (*Folia tristicha*) geschildert wurde, können wir auch für die Distichie construiren, wo aber die Spirale nach Drehung um 180° am Stengel empor das zweite Blatt und alsdann schon nach derselben Drehung das dritte Blatt als Ausgangspunkt für einen zweiten Complex trifft. Weil man sich in diesen und den folgenden Fällen den Stengel von einer Spirallinie umgeben denkt, auf der in gleichen Divergenzwinkeln die Blätter inserirt erscheinen, so nennt man dieser Anschauung zu Folge die so angeordneten Blätter spiraling gestellt, *Folia curviseriata*.

Die Divergenzreihe. — Wenn wir den Divergenzwinkel jetzt in Bruchtheilen der Peripherie ausdrücken, so verwandeln sich dadurch die Grade in anschaulichere Werthe. Aus dem Winkel von 180° wird der Bruch $\frac{1}{2}$, welcher ausdrückt, dass auf einer Spirale von einer ganzen Kreisdrehung zwei Blätter in gleichen Abständen stehen; aus dem Winkel von 120° wird $\frac{1}{3}$, da drei Blätter auf einem einmaligen Spiralumlauf stehen. Der Divergenzwinkel $\frac{1}{4}$ (90°) tritt in curviserierten Blättern von dem eben geschilderten Charakter nicht auf; am häufigsten dagegen wird man Fälle finden, wo die Spirale, welche man sich den Stengel als Abstammungssachse umkreisend denkt, nicht gleich nach dem ersten Umlaufe ein genau über dem zum Ausgangspunkte gewählten ersten Blatte inserirtes Blatt höherer Nummer trifft. Dies ist nur der Fall bei der Stellung $\frac{1}{2}$ und $\frac{1}{3}$, bei allen anderen nicht; alle diese anderen Stellungen lassen sich nun am besten ordnen nach der Nummer, welche das über einem zum Ausgangspunkte gewählten Blatte No. 1 führt. Sehr oft ist dies das Blatt No. 6, vielleicht noch häufiger das Blatt No. 9, auch das Blatt No. 14 lässt sich bei anderen Pflanzen noch mit Sicherheit als scharf über No. 1 inserirt erkennen. Von da an wird die Bestimmung so schwierig, dass andere Hülfsmittel dazu kommen müssen, um die Stellung und die Nummer des betreffenden Blattes in der acropetalen Aufeinanderfolge sicher und leicht zu ermitteln. — Diese Hülfsmittel ergeben sich leicht aus einem noch eingehenderen Studium der Spirallinien. Die Stellung, bei welcher das Blatt No. 6 über dem Ausgangsblatte steht, hat wegen eines vergrösserten Divergenzwinkels nicht schon, wie es bei der $\frac{1}{2}$ -Stellung war, das vierte Blatt über dem ersten stehen; das Blatt No. 2 ist schon soweit über den Winkelwerth von 120° hinaus, dass das Blatt No. 3 mit derselben grossen Divergenz nahe an Blatt No. 1 herankommt, aber ohne über dasselbe zu fallen; es geht daher die Spirallinie nach dem ersten Umlaufe über Blatt Nr. 1 hinweg, ohne dort ein neues Blatt inserirt zu finden, und trifft dann in der zwischen Blatt Nr. 1 und Blatt No. 2 offen gelassenen grossen Lücke auf Blatt No. 4; dieselbe Divergenz liefert dann zwischen Blatt No. 2 und No. 3 das Blatt No. 5 in der zweiten offen gelassenen Lücke stehend, und nun erst trifft die Spirale in genau gleicher Divergenz das Blatt No. 6 genau über No. 1 stehend. Diese Spirale also, welche ein Mittelding darstellt zwischen der Stellung $\frac{1}{2}$ und $\frac{1}{3}$, indem der Divergenzwinkel offenbar kleiner ist als bei der ersteren, und grösser als bei der letzteren, macht zwei Umläufe statt eines, um auf das erste in der durch Blatt No. 1 hindurchgelegten Orthostiche befindliche Blatt zu stossen, kann daher wie vorhin bezeichnet werden durch den Bruch $\frac{2}{5}$, welcher dem Divergenzwinkel von $\frac{2 \times 360^\circ}{5} = 144^\circ$

die wichtigsten Fragen des Pflanzenlebens in gemeinverständlicher Form zu illustrieren und hiendurch die weitesten Kreise — nicht bloß Gelehrter, sondern der gebildeten Naturfreunde überhaupt — mit in das lebhafte Interesse hineinzuziehen, das in unsren Tagen auf allen Punkten der stetig forschreitenden Naturforschung sich geltend macht. Das Projekt unseres „Illustrirten Pflanzenlebens“ ergab sich also ungesucht.

Ein großer Theil von dem, was in dem „Anatomisch-physiologischen Atlas der Botanik“ fast nur den akademischen Kreisen und den Lehrern der Naturwissenschaften an Mittelschulen zugänglich gemacht wurde, soll hier in dem reich illustrierten „Pflanzenleben“ weitern Kreisen geboten werden.

Hiebei werden zwei Momente ganz besonders in den Vordergrund gedrängt werden.

Einmal sollen die interessantesten Tagesfragen der wissenschaftlichen Botanik in anschaulicher, leicht verständlicher Sprache, in einer Weise, die dem gegenwärtigen Stand der Wissenschaft entspricht und zwar erschöpfernd behandelt werden, als es im Text zum „Atlas der Botanik“ geschehen konnte. Die Sprache wird sich vom allzutrocknen Lehrton fernhalten, die Darstellung wird eine freiere, ungebundenere, doch jederzeit der Wahrheit entsprechende sein.

Sodann werden zahlreiche, durchaus naturwahre Illustrationen nach Original-zeichnungen dem Verständniß der Leser zu Hülfe kommen.

Das „Illustrirte Pflanzenleben“ wird aber auch jedem Gebildeten verständlich sein. Es darf Niemanden langweilen, auch nicht ermüden; es soll allen Belehrung bringen, die in freien Stunden nach ihm greifen. Es verfolgt den Zweck, nicht allein das empirische Natur-Er kennen zu verallgemeinern, sondern auch einer Gemüthsleere entgegenzuarbeiten, einer Ebbe an idealem Denken und Empfinden zu begegnen, wie sie sich in unserem Zeitalter des Übergangs von der einen in die andere Weltanschauung geltend zu machen sucht.

Die Verlagshandlung wird sich alle Mühe geben, das „Illustrirte Pflanzenleben“ in jeder Beziehung geschmackvoll auszustatten zu lassen. Für getreue Wiedergabe der zahlreichen Original-Illustrationen ist eine der berühmtesten technischen Anstalten gewonnen worden und es steht somit dem Blane Nichts mehr entgegen, ein nützliches und willkommenes Werk der Kunst des lesenden und wissbegierigen Publikums zu überlassen.

Zunächst wird eine Serie in 10 Lieferungen à 4 (resp. 3 Bogen), reich illustriert, auf feinem Velin-papier, groß Lexikon-Format, zu dem Preis von 1 Fr. 25 (1 Mark) per Lieferung erscheinen.

Sollte dieselbe, was wir hoffen, den Beifall der Leser finden, so werden weitere Serien folgen. Die erste Lieferung wird die niederer Pilze (Rückfall-Typhus, Milzbrand), illustriert durch zwei Tafeln, sowie den Anfang der fleischfressenden Pflanzen enthalten, somit höchst interessante, neue Themata behandeln und im Verlaufe des Monats November erscheinen; die zweite Lieferung dagegen kommt erst nach Neujahr 1880 und die folgenden Lieferungen von dort ab nach je vier bis sechs Wochen zur Ausgabe.

Niesbach (Zürich), Oktober 1879.

Der Verfasser:

Dr. Arnold Dodel-Port.

Der Verleger:

Cäsar Schmidt.

Bestellzettel.

Bon der Buchhandlung von Cäsar Schmidt zur Münsterburg

in Zürich erbüte:

Dodel-Port, Illustrirtes Pflanzenleben.

I. Serie, Heft I. und Folge à Fr. 1.25 (1 Mark).

Ort:

Name:

Cäsar Schmidt, Buchhandlung zur Münsterburg, Zürich.

Prospektus und Vorwort.

Illustriertes Pflanzenleben.

Gemeinverständliche Originalabhandlungen

über die

interessantesten und wichtigsten Fragen der Pflanzenkunde.
nach zuverlässigen Arbeiten der neuesten wissenschaftlichen Forschungen
mit zahlreichen Original-Illustrationen.

herausgegeben von

Dr. Arnold Dodel-Port,

Docent der Botanik an der Universität und am eidgen. Polytechnikum in Zürich,
Herausgeber des „Anatomisch-physiologischen Atlas der Botanik für Hoch- und Mittelschulen“,
Ghren-Mitglied der „Royal Microscopical Society of London.“

Zürich,
Verlag von Cäsar Schmidt.

Die Welt ist aus einem zweitausendjährigen Traume aufgewacht: dem Zeitalter der Natur-Berachtung ist das Zeitalter der Natur-Begeisterung gefolgt. Wir haben angefangen, uns des Naturschönen bewußt zu werden und mit Andacht den Offenbarungen unserer Allmutter zu lauschen.

Die Natur-Erkenntniß ist nicht mehr das Privilegium einer abgeschlossenen Kunst, denn die Tempel der Wissenschaft stehen Federmann offen, oder sie schicken sich doch an, jedem sich zu öffnen. Und ihre Freunde und Diener werden hinausgesandt aus den Hörfälen in's offene Feld zum Landmann, der am Pfluge steht, zum Förster, der den Wald durchstreift, zum rügschwärzten Maschinisten an der ätzenden Maschine, wie zum Kaufmann, der in seinen Büchern die Circulation des Weltverkehrs controlirt.

Die Wissenschaft, bald warnend, bald mahnend, bald zum Festhalten des bisher Errungenen, bald zum Verlassen des Liebgewordnen und zum Verbessern des Vorhandenen aufmunternd, schickt sich an, zum Gemeingut Aller zu werden, und es soll fürderhin kein Sterblicher mehr sein, der täglich nicht einer ihrer Wohlthaten sich bewußt würde.

Man hat uns gerufen, auf daß wir mittheilend seien; man forderte uns auf, vor Federmanns Augen darzulegen, was uns an Natur-Erkenntniß geworden, und jedesmal, da wir dem Rufe gefolgt sind, ist uns gedankt worden. Das hat uns veranlaßt, heute mit dem Anfang eines größeren Werkes vor unsere Freunde zu treten, in der Absicht, schlicht und wahr und allen verständlich von dem zu erzählen, was wir und was Anderer gesehen und empfunden, gesucht und erforscht haben, da wir der Aufgabe lebten, unserer besten Lehrmeisterin, der lebendigen Natur, Geheimnisse abzulauschen, die bislang dem fragenden Menschengeist getroft haben.

Der Verfasser, seit ein paar Jahren mit der Bearbeitung des „Anatomisch-physiologischen Atlas der Botanik für Hoch- und Mittelschulen“ (Schlingen, J. F. Schreiber) beschäftigt, eines illustrierten Werkes, das sofort bei seinem ersten Erscheinen nicht allein die freudigste Zustimmung aller Fachmänner, sondern „als das vorzüglichste Anschauungsmittel des botanischen Unterrichtes“ Eingang in alle Hochschulen und Academien deutscher Zunge, sowie auch in die höchsten Lehranstalten von England und Frankreich, von Italien und Portugal, von Russland und Amerika gefunden hat, ist bemüht, die wichtigsten und interessantesten Entdeckungen der botanischen Wissenschaften in gewissenhafter Bearbeitung durch Wort und Bild für den Unterricht an höheren Lehranstalten nutzbar zu machen. Eine Unzahl von zuverlässigen, selbstgefertigten Original-Zeichnungen setzt ihn in den Stand,

Verlag von Eduard Trewendt in Breslau.

Die Krankheiten der Pflanzen.

Ein Handbuch
für Land- und Forstwirthe, Gärtner, Gartenfreunde
und Botaniker

von
Dr. A. B. Frank,

ausserordentlichem Professor an der Universität Leipzig, Custos des Universitätsherbariums daselbst
und Mitglied der Kaiserl. Leop.-Carol. deutschen Akademie der Naturforscher.

Erste Hälfte.

26 Bogen. 8. Mit 62 in den Text gedruckten Holzschnitten.

Preis 10 Mark.

Der Schluss des Buches erscheint im November dieses Jahres und wird ca. 8 Mark kosten.
Durch jede Buchhandlung zu beziehen.

In unterzeichnetem Verlag erschien und ist durch alle Buchhandlungen zu beziehen:

Kalender des Naturbeobachters

von

Dr. B. M. Lersch.

Mit zwei Tafelchen zur Berechnung des Ostervollmondes und der davon abhängigen Festtage
und zur Wochentagsbestimmung.

4., elegant gebunden Preis 2 Mark. Ausgabe für 1881.

Dieser Kalender ist von allen Naturfreunden freudig begrüßt worden. Er gibt für den Tag des Jahres die wichtigsten, im Laufe der Jahrhunderte wahrgenommenen Erscheinungen der organischen und unorganischen Natur. Der weisse Raum neben jedem Datum dient dazu, in Notizen über gegenwärtig eintretende Phänomene ähnlicher Art (Blüthentage, Rückkehr der Zugvögel, abnorme Witterungsscheinungen, Gewitter, Nordlichter, Sternschnuppen etc.) einzutragen. Dass ein solcher Taschenkalender ein von allen Naturfreunden sehr empfundenes Bedürfniss ist, braucht nicht hervorgehoben zu werden.

Eduard Heinrich Mayer.

Darwinistische Schriften.

- | | |
|---|----------|
| 1. Haeckel, E., Das Protistenreich. Reich illustriert. | M. 2. 50 |
| 2. Jaeger, Prof. Dr. G., Seuchenfestigkeit. | M. 3. — |
| 3. Kühne, Dr. H., Das Anpassungsgesetz in der Heilkunde. | M. 2. — |
| 4. du Prel, Dr. C., Psychologie der Lyrik. 1880. | M. 3. — |
| 5. Würtenberger, L., Stammesgeschichte der Ammoniten. 1880. | M. 3. — |
| 6. Darwin, C. und Krause, E., Dr. Erasmus Darwin und die älteren Vorkämpfer der Descendenz-Theorie. Mit Portrait. 1880. | M. 3. — |
| 7. Grant Allen, Der Farbensinn. Sein Ursprung und seine Entwicklung. | M. 5. — |
| 8. du Prel, Dr. C., Die Planetenbewohner. | M. 3. — |
| 9. Reichenau, W. von, Die Nester und Eier der Vögel. | M. 2. — |
| 10. Schultze, Prof. Dr. Fr., Die Sprache des Kindes. | M. 1. — |

KOSMOS. Zeitschrift für einheitliche Weltanschauung auf Grund der Entwickelungslehre.
In Verbindung mit Ch. Darwin u. E. Haeckel herausgeg. von Dr. E. Krause. (Beginnt
mit October seinen VIII. Band.) Preis vierteljährl. (3 Monatshefte) M. 6. —

Ernst Günther's Verlag in Leipzig.

Wojewódzka i Miejska Biblioteka Publiczna
im. E. Smolki w Opolu

Verlag von Wilhelm Engelma
Botanische Jahr
für
Systematik, Pflanzengeschichte un
herausgegeben von
A. Engler

In Heften von 4 bis 6 Bogen gr. 8. 6 Heft.

Bisher sind erschienen:

I. Band. 1. Heft

Inhalt: Heer, Ginkgo-artige Bäume. — De Candolle, Ouvrages de botanique et nomenclature des organes. — Warming, Erforschung der Flora von Grönland. — Beccari, Pflanzengeographie des malayischen Archipels. — Engler, Burseraceae und Anacardiaceae. — Literatur a. d. Jahr 1879. I.

I. Band. 2. Heft

Inhalt: Focke, Verbreitung der Gattung Rubus. — Buchenau, Verbreitung der Juncaceen. — Koehne, Lythraceae. — Engler, Araceae. I.

I. Band. 3. Heft

Inhalt: Kuntze, Sargassum und Sargasso-Meer. Mit einer Phototypie und einer Karte. — Koehne, Lythraceae (Fortsetzung). — Literatur a. d. Jahr 1879. II. und a. d. Jahr 1880. I. (4. Heft erscheint Anfang 1881.)

Beiträge zur deutschen Kryptogamenflora.

Verlag von EDUARD TREWENDT in Breslau:

Koerber, Dr. G. W., **Systema Lichenum Germanicae.**

Die Flechten Deutschlands systematisch geordnet und charakteristisch beschrieben. Gr. 8. Mit colorirten Steindrucktafeln.
Eleg. brosch. 16 Mk.

— — **Parerga lichenologica.** Ergänzungen zu
Systema Lichenum Germanicae. Gr. 8. Eleg. brosch. 16 Mk.

Nitschke, Dr. Th., **Pyrenomycetes germanici.** Die Kernpilze Deutschlands. Gr. 8. Elegant brosch. Erster Band.
Lieferung 1 und 2 à Lieferung 5. Mk.

Durch alle Buchhandlungen zu beziehen.

Geschmackvolle Einbanddecken

zur

Encyklopädie der Naturwissenschaften

liefert zum Preise von 2 Mark jede Buchhandlung.

Verlagsbuchhandlung Eduard Trewendt.

Breslau. Eduard Trewendts Buchdruckerei (Setzerinnenschule).

Wojewódzka Biblioteka
Publiczna w Opolu

9072/I S



001-009072-00-0

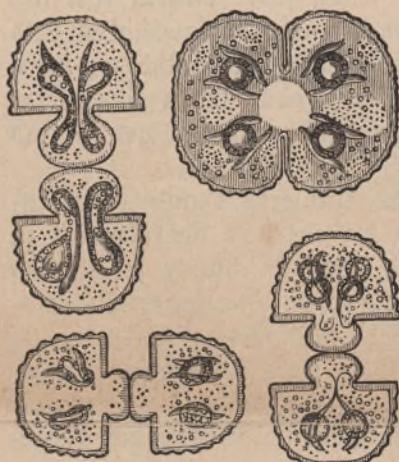
Anatomisch-physiologischer Atlas der Botanik

für

Hoch- und Mittelschulen,

als: Universitäten, Academien, land- und forstwirtschaftliche Hochschulen, Lehrer-Seminarien, Gymnasien, Real- und Secundarschulen etc. etc.

Dodel-Port, Atlas.



Cosmarium Botrytis, Menegh.

Herausgegeben

von

Dr. Arnold Dodel-Port,

Docent der Botanik an der Universität und
am Eidgenössischen Polytechnikum
in Zürich

und

Carolina Dodel-Port

in Zürich.

In

Dodel-Port, Atlas.



Ophrys Arachnites, Reich.

42 colorirten Wandtafeln nebst Text

in deutscher, französischer und englischer Sprache

sowie

18 Supplement-Blättern für den academischen Unterricht.

Erscheint in 10 Lieferungen von je 6 Tafeln und deren Beschreibung.

Grösse der einzelnen Tafel 69:90 Ctm. Preis der Lieferung Mf 15.

Die erste Lieferung liegt in jeder Buchhandlung zur Ansicht auf. 

Der herzerfreuende Aufschwung, den die Naturwissenschaften in den letzten Jahrzehnten genommen haben und die immensen Fortschritte, welche alle ihre Zweige von Tag zu Tag verzeichnen können, haben auch die Botanik zu Ehren gebracht und aus ihr eine Wissenschaft gemacht, die sich ebenbürtig an die Seite ihrer Schwester, der Biologie, stellen darf.

Die Biologie beider Reiche, der Pflanzen- wie der Thierwelt, ist zur Erkenntniß der Wahrheit gelangt, daß wir ein Wesen erst dann verstehen, wenn wir sein Werden erkannt haben. Biologie und Botanik sind deshalb zu Wissenschaften der Entwicklungsgeschichte geworden. Damit ist für alle Zukunft der Kompass für die Weiterforschung gestellt: die Entwicklungsgeschichte

dominiert heute in einer Weise, wie bisher noch nie, und sie wird sicher auch in alle Zukunft, sofern wir nämlich einen stetigen Fortschritt voraussetzen, die herrschende Richtung der Specialforschung bleiben; denn sie ist es, welche auch in den schwierigsten Fragen der Morphologie und der Systematik in letzter Instanz das entscheidende Votum abgibt.

Mit dem Fortschritt der biologischen Disciplinen wächst aber naturgemäß das Bedürfnis nach guten Lehrmitteln, nicht allein nach guten Lehrbüchern, die freilich für Schüler wie Lehrer immer das erste Erfordernis darstellen, sondern auch nach tüchtigen Anschauungsmitteln für den mündlichen Unterricht und den lebendigen Vortrag. In erster Linie müssen dies gut gewählte und gut ausgeführte große Zeichnungen sein, welche als Wandtafeln während des Vortrags zur Demonstration gelangen.

Für die wissenschaftliche Botanik, wie sie dermalen auf Grund der Anatomie und Physiologie als Entwicklungsgeschichte der Pflanzenwelt nicht allein an allen Hochschulen, sondern auch bereits an den meisten guten Mittelschulen gelehrt wird, fehlt ein einschlägiges, den dringendsten Bedürfnissen entsprechendes Wandtafelwerk. Das haben alle Lehrer an Hoch- und Mittelschulen seit jener Zeit täglich empfinden müssen, da die Entwicklungsgeschichte sich auch in den botanischen Lehrbüchern Geltung zu verschaffen ansting. Die Lehrer und Docenten der Botanik waren genötigt, mit einem großen Aufwand von Zeit oder Geld sich selbst, jeder einzeln für sich, ein Tafelwerk herzustellen oder herstellen zu lassen. Das Bedürfnis nach einem gut gewählten und gut ausgeführten, billig zu beschaffenden Werke dieser Art wurde nachgerade zur Notlage; denn die bis dahin gemachten ganz anerkennenswerthen Versuche, für diesen oder jenen Zweig des botanischen Wissens ein gedrucktes Tafelwerk zu liefern, konnten für den gegenwärtigen Stand der Pflanzenkunde in keiner Weise Genüge leisten.

Der eine Herausgeber des vorliegenden Werkes, Docent an der Universität und am Polytechnikum in Bürich, hatte schon vor etlichen Jahren den Plan, ein colorirtes Tafelwerk zu schaffen, welches der angedeuteten Notlage ein Ende machen sollte; damals mußte jedoch das Project fallen gelassen werden, weil die Herstellungskosten sich beim damaligen Stand der Chromolithographie noch zu hoch beliefen, als daß der Risiko hätte gewagt werden dürfen. Mittlerweile machte aber die lithographische Technik derartige Fortschritte, daß die Idee neuerdings aufgenommen werden konnte.

Nachdem im Verlauf des Sommers 1877 drei Probeblätter in Chromolithographie ausgeführt und an einige der hervorragendsten Botaniker Deutschlands für Begutachtung versandt worden, fand das Project des Tafelwerkes auf der 50. Versammlung deutscher Naturforscher und Ärzte zu München in der botanischen Section so freudige Zustimmung, daß man frisch und fröhlich an die Verwirklichung des Ganzen denken durfte. Der detaillierte Programm-Entwurf mit der Verzeichnung sämtlicher 60 zur Ausführung proponirten Tafeln wurde von den Herausgebern zur speziellen Begutachtung nachstehenden Fachgelehrten vorgelegt:

- 1) Herrn Dr. Anton De Bary, Professor der Botanik an der Universität Straßburg.
- 2) " Dr. Ferdinand Cohn, " " " " " Breslau.
- 3) " Dr. Carl v. Nägeli, " " " " " München.
- 4) " Dr. N. Pringsheim, " " " " " Berlin.
- 5) " Dr. Julius Sachs, " " " " " Würzburg.
- 6) " Dr. S. Schwendener, " " " " " Tübingen, jetzt in Berlin.
- 7) " Dr. Eduard Strassburger, " " " " " Jena.

Die genannten Vertreter der wissenschaftlichen Botanik, die gewiß eine überreiche Summe praktischer Erfahrungen repräsentieren, haben sämtlich die Grundzüge des Projektes gutgeheißen, mit zuvorkommendster Freundlichkeit die Mühe einer eingehenden Prüfung des Programmes auf sich genommen und ihre schriftlichen Gutachten den Herausgebern zur freien Benützung ausgesertigt; sie haben gleichfalls für die Zeit der Ausführung des Ganzen bereitwilligst allfällige nötig werdenden Rath und Hülfe zugesagt. Dass bei jenen Gutachten eine Fülle vortrefflicher Gedanken neu in Anregung gebracht worden ist, braucht wohl kaum besonders hervorgehoben zu werden. Es ist den Herausgebern eine angenehme Pflicht, den genannten Herren an dieser Stelle ihren tiefempfundenen Dank auszusprechen.

Der „Anatomisch-physiologische Atlas“ wird in 42 colorirten Wandtafeln von 69:90 Centimtr. nebst erläuterndem Text für alle Mittelschulstufen und für den academischen Unterricht in Lieferungen à 6 Blätter erscheinen. Als Supplement-Lieferungen für den ausschließlichen Gebrauch

an Hochschulen und Academien erscheinen weitere 18 Blätter, welche aus pädagogischen Gründen nicht wohl in der Mittelschule zur Verwendung kommen könnten. Die Tafeln werden nicht nummerirt, da jede für sich ein selbständiges Ganzes, ein Einzeln-Brauchbares darstellen soll. Dagegen erhält jedes Blatt (wegen seines internationalen Charakters) eine lateinische Benennung, die zugleich den Titel zum erläuternden Text darstellen wird.

Die 42, respective 60 Tafeln sollen die interessantesten und wissenswerthehesten, mit der Kreide an der Wandtafel kaum hinreichend klar darstellbaren Gegenstände aus allen Abtheilungen des Pflanzenreiches, vorwiegend entwicklungsgeschichtlicher und anatomisch-physiologischer Natur, durchaus naturgetreu zur Anschauung bringen. Das ganze Werk wird also ein Anschauungsmittel

einer Disciplin — Berücksichtigung finden soll: so wird der „Anatomisch-physiologische Atlas“ auf allen Stufen des botanischen Unterrichts und in allen Zweigen des botanischen Wissens verwendbar sein.

Und da die Herausgeber dem Grundsache huldigen: „Das Beste ist für die Schule gerade gut genug,“ so haben sie bei der Schaffung dieses Werkes nicht allein die Bedürfnisse der Hochschule, sondern auch diejenigen der Mittelschule ins Auge gefaßt. Hier wie dort ist die lebendige Natur die beste Erzieherin und Lehrerin; ein künstliches Anschauungsmittel



Groß verkleinert. Originalgröße jeder Tafel 69:90 Cm.

will aber die Natur ersetzen, und das ist nur dann in zweckdienlichster Weise möglich, wenn die Bilder von Naturgegenständen wahr sind. Die Schüler aller Unterrichtsstufen werden häufig so sehr mit schematischen Darstellungen aller Art wahrhaft gemischhandelt, daß sie gerade deswegen das richtige Verständnis der lebenden Naturkörper nicht erlangen. Es gilt dies namentlich von den beim botanischen Unterricht zur Sprache kommenden mikroskopischen Objekten, wie sie die pflanzlichen Bellen und Belltheile, die Gewebe der höheren Gewächse und die mikroskopischen Pflanzen als Ganzes darstellen. Gegen diesen Notstand könnte die Demonstration mikroskopischer Präparate die besten Dienste leisten; allein das Vorweisen und Demonstrieren von zahlreichen Objekten am Mikroskop selbst ist für den Klassenunterricht eine Unmöglichkeit, und wäre dies Alles auch möglich, so müßten selbst bei mikroskopischen Demonstrationen gute Tafeln erst recht treffliche Dienste leisten, wie jeder erfahrene Pflanzen-Anatom und Physiologe alsbald ein sieht.

Naturgetreue, wissenschaftlich zuverlässige Wandtafeln können beim Klassenunterricht die Vorweisung der Naturkörper selbst am besten ersehen; sie belehren mehr als das lebendige Wort; sie herzustellen ist Pflicht der Wissenschaft, welche ja in ihrem eigenen Interesse arbeitet, wenn sie der Schule die besten Mittel in die Hand gibt, um die junge Generation zum Naturerkennen zu erziehen. In diesem Sinne haben die Herausgeber mit der freudigen Bestimmung berühmter Fachgelehrter und gewiefter Pädagogen diese schwere Aufgabe in die Hand genommen.

Die sämtlichen Tafeln des „Anatomisch-physiologischen Atlas der Botanik“ werden nur entweder nach zuverlässigen Original-Arbeiten der besten Forscher, oder nach eigenen sorgsamen Studien durch wiederholte Beobachtungen der Naturkörper von Seite der Herausgeber selbst angefertigt.

Sie sollen in Beichnung und Farbe durchaus wahr sein und jederzeit nur ganz sicher ermittelten Thatsachen entsprechen. Alles Problematische bleibt selbstverständlich ausgeschlossen, schematische Darstellungen werden möglichst vermieden, oder wo sie nicht zu umgehen sind, in Nebenfiguren verwiesen.

Ebenso werden keine Gegenstände dargestellt, die leicht jedem Schüler in die Hand gegeben oder ebenso leicht mit der Kreide an der Tafel erläutert werden können.

Die sämtlichen Tafeln werden im Original von den Herausgebern selbst gezeichnet und gemalt: die eine Hälfte vom Urheber des Projekts, der innerhalb mehrerer Jahre für seine Vorlesungen an den Hochschulen Bürichs ca. 100 Blätter anfertigte und dieselben mit Erfolg beim Unterrichte verwendete, die andere Hälfte von dessen Gattin, welche sich durch ihre academischen Studien und mikroskopischen Untersuchungen zur Mitarbeiterin am Ganzen vorbereitet und legitimirt hat.

Der Text — zu jeder Tafel ca. 1—2 Quartseiten Druck — wird in verständlicher Form die wissenschaftliche Erklärung der dargestellten Gegenstände, in den meisten Fällen die Quintessenz von anerkannten Special-Arbeiten liefern. Er wird, dem Charakter und der Tendenz der Tafeln entsprechend, von Erörterungen problematischer Natur sich frei halten.

Die für unser Unternehmen gewonnene Verlagshandlung von J. F. Schreiber in Esslingen (Württemberg) wird keinen Aufwand scheuen, die chromolithographische Herstellung der Tafeln mustergültig durchzuführen zu lassen, ohne dabei den Ladenpreis der Lieferungen auf die Höhe ähnlicher Tafelwerke zu setzen, so daß es jeder Unterrichtsanstalt möglich sein wird, den „Atlas“ als Lehrmittel anzuschaffen.

Die vorliegende erste Lieferung enthält 6 Blätter aus verschiedenen Abtheilungen des im Vorans bestimmten Programmes, um — als Probelieferung — zu zeigen, wie das ganze Werk durchgeführt werden soll. Die Herausgeber hoffen, dadurch den Nachweis zu liefern, daß sie keine Mühe geschenkt haben, noch scheuen werden, die hohe Aufgabe nach besten Kräften zu lösen und das Ganze durchzuführen zum Gedeihen der Schule und zur Förderung des botanischen Wissens.

Triest
Zürich, im April 1878.

Die Herausgeber:

Dr. Arnold Dodel-Port,
Frau Carolina Dodel-Port.

Subscriptions-Schein.

Bei der Buchhandlung von
bestellt der Unterzeichnete

Dodel-Port, Anatomisch-physiologischer Atlas der Botanik.

Lieferung 1 bis Lieferung 7 (Ausgabe für Hoch- und Mittelschulen), mit Text in
deutscher, ? französischer, ? englischer ? Sprache.

Supplement-Lieferung 1—3 (für Hochschulen).

Wo Supplement nicht gewünscht wird, bittet man zu durchstreichen, sowie anzugeben,
in welcher Sprache der Text genehm ist.

Ort:

Name: