

„Ueber den Bau und die Form der Gefäß-Cryptogamen Westfalens.“

Das Wesen der Cryptogamen beruht im Grunde genommen auf der „Spore“, einem einzelligen Samen ohne Embryo. Man theilt die Cryptogamen in zwei große Gruppen, deren erste die aus bloßen Zellen gebildeten Gewächse, die Pilze, Flechten, Algen, Charen, Lebermoose und Laubmoose enthält, deren zweite die aus Gefäßen und Zellen gebauten höheren cryptogamischen Gewächse umfaßt, die Rhizocarpeen, Lycopodiaceen, Equisetaceen und Laubfarne. Zwar findet sich der Hauptunterschied im inneren Baue beider Gruppen nicht in einer solchen Schärfe ausgeprägt, wie ihn die Systeme und die beschreibenden Werke angeben; die Natur sucht auch hier durch Uebergänge zu vermitteln, und so finden wir bei den thallusartigen Lebermoosen, bei Metzgeria, Pellia und anderen Abtheilungen, Gefäße, bei Diplolaena und Symphyogyna sind deren Wände sogar zierlich gestrichelt, und namentlich unter den Laubmoosen sind im Stengel und den Blattrippen, wie bei den Polytrichen, die Gefäße häufig. Doch immerhin ist die Gefäßbildung der höheren Cryptogamen entwickelter, und statt der eben genannten mehr rudimentären Bildungen herrschen bei ihnen die vollkommeneren Formen der Ring-, Spiral- und Treppengefäße vor, während ihnen die eigentlichen Bastzellen, Holzzellen und getüpfelten Gefäße der Phanerogamen fehlen. Mithin nehmen die Gefäß-Cryptogamen in Hinsicht auf ihren innern Bau eine Mittelstellung zwischen den Zellen-Cryptogamen und Phanerogamen ein, eine Stellung, die auch in ihrer äußeren Form oft in auffallendster Weise zu erkennen ist.

Wir können die vier Abtheilungen unserer höheren Cryptogamen nun keineswegs durch Angabe eines Hauptmerkmals für jede Abtheilung unterscheiden; vielmehr müssen wir verschiedene Merkmale zusammenfassen. Es kommt hier auf die Art der Sporen, auf die Umhüllung, auf die Anheftungsweise derselben an, es muß sogar der anatomische Bau und die äußere Gestalt der Gewächse berücksichtigt werden.

Die erste Abtheilung, die der Rhizocarpeen, hat Sporen von zweierlei Art, Mikrosporen, welche die Antheridien enthalten, und Makrosporen, aus denen sich die Archegonien entwickeln. Die Sporenbehälter stehen am Rhizom oder Wurzelstocke. Von Rhizocarpeen kommt in Westfalen nur eine Marsiliacee, die *Pilularia globulifera*, vor. Dieses Gewächs hat runde, vierfächerige Kapseln, die auf dem kriechenden, sich gabelnden Rhizome dicht am Fuße der pfriemenförmigen Blätter stehen. Jedes der vier Fächer einer Kapsel hat Sporen von zweierlei Art, Mikrosporen und Makrosporen. Letztere werden, nachdem sie entlassen sind, auf dem Wasser schwimmend von den mit ihnen vermischten kleinen Sporen befruchtet, und zwar durch Schwärmfäden, worauf die Makrosporen keimen.

Die Gefäßbündel des Rhizoms der ausgewachsenen *Pilularia* sind nur wenig entwickelt; sie bestehen aus einzelnen Spiralgefäßen, die durch Cambiumzellen-Partieen verbunden sind. Die auf diese Weise gebildete Centralsäule ist von einer Rinde, welche aus mehreren Reihen Parenchymzellen besteht, umschlossen; das Parenchym wird aber durch strahlenförmig

geordnete Luftlöcher unterbrochen, was sich ähnlich bei den untergetauchten Stämmen phanerogamischer Wassergewächse findet.

Die zweite Abtheilung der Gefäß-Cryptogamen, die der Lycopodiaceen, schließt sich besonders durch die Art der Sporenbildung an die Rhizocarpeen; denn die Selaginellen haben sowohl Makrosporen, als auch Mikrosporen. Bei den ächten Lycopodien hingegen kommen nur Mikrosporen vor. Diese kleinen Sporen werden eingeschlossen von nierenförmigen, häutigen Schläuchen, die sich durch zwei oder drei Klappen öffnen und welche entweder in den Winkeln der unverändert gebliebenen Blätter unterhalb der Stammspitze stehen, oder in den Winkeln der Schuppen einer mehr oder minder lang gestielten Aehre vereinigt sind. Man hat diese Sporen der Lycopodien bisher vergeblich zum Keimen zu bringen gesucht; aber ein Schluß nach der Analogie dürfte uns gestatten anzunehmen, daß auch sie ein Prothallium entwickeln, wie es bei den übrigen höheren Cryptogamen geschieht.

Es ist eine verbreitete Meinung, daß die Lycopodien ein centrales Gefäßbündel besitzen, obwohl Nägeli und Cramer nachwiesen, daß sich in dem jungen Stamme eben ein Kranz von Gefäßbündeln vorfinde, aus dem regelmäßige Abzweigungen unterhalb des Vegetationskegels in die jungen Blätter treten. Im alten Stamme gewinnt dieser Kranz das Ansehen einer marktigen, durch äußerst feine Längsnähte gerinneten Mittelsäule, welche fälschlich für ein centrales, einfaches Gefäßbündel gehalten wurde. Ich untersuchte diese Säule, die sich leicht aus dem Innern des Stengels bloß legen läßt, bei *Lycopodium clavatum*, L. *annotinum*, L. *alpinum*, L. *chamaecyparissus* und L. *Selago* und fand, daß dieselbe keineswegs aus einem einzigen zusammenhängenden Gefäßgewebe besteht; vielmehr ordnen sich hier verschiedene Bündel, die im Querschnitte gebogene oder geschlängelte Streifen bilden, in gewissen Abständen neben einander; die Zwischenräume zwischen je zweien dieser streifigen Partien werden von einem andern Gewebe langgestreckter, dickwandiger und einfacher Zellen mit kleinem Lumen ausgefüllt. Jene Gefäßbündel zeigen weite, schön gestrichelte Treppengefäße, neben denen sich engere Spiralgefäße finden. Um diese Zusammensetzung des Centralcylinders unter dem Mikroskope deutlich zu gewahren, behandelte ich zarte Querschnitte mit Jodtinctur und Schwefelsäure, wodurch die Gefäßpartien eine stark rothbraune Färbung annehmen, während das sie verbindende Zellgewebe schwach bläulich wurde. Zwei solcher Durchschnitte wurden auf Tafel I gezeichnet, Fig. 1 von *Lycopodium annotinum*, Fig. 2 von L. *alpinum*. Hier sind die Zellenpartien dunkel, die Gefäße hell gehalten.

Die Lycopodien haben in ihrer ganzen Tracht auffallende Aehnlichkeit mit den Moosen, weshalb Jussieu sie nach Linné's Vorgange diesen beizählte und *Musci spurii* nannte. Die Selaginellen und auch ein ächtes Lycopodium, L. *selaginoides*, haben sogar Blätter, welche wie die der Moose nur aus einer Zellschicht bestehen, und außerdem ist es die spiraltige oder reihige Stellung der dicht zusammengedrängten, kleinen Blätter, welche jene Aehnlichkeit hervorbringt. Diese Aehnlichkeit hat immerhin Bedeutung; sie veranschaulicht die vermittelnde Stellung, welche die Gefäß-Cryptogamen zwischen den Zellen-Cryptogamen und Phanerogamen einnehmen.

Die Equiseten, welche die dritte Abtheilung der höheren Cryptogamen ausmachen,

haben einen aufrechten, röhrigen, gegliederten und blattlosen Stengel. Jedes Glied ist an seinem oberen Ende durch einen Knoten abgeschlossen und ist hier mit einer häutigen, gezähnten Scheide bekrönt, an deren Grunde rings um den Stengel häufig wirtelförmig gestellte, ebenfalls gegliederte und mit Scheidezähnen versehene Aeste entspringen, die zuweilen noch kleine Wirtelzweige entwickeln.

Der Schaft der Equiseten ist meist cannelirt, ähnlich wie es bei den korinthischen Säulen vorkommt, und es wird hierdurch seine Einförmigkeit und Steifheit nicht wenig gemildert. Die Rinnen und Leisten je zwei auf einander folgender Glieder stehen alternirend, so daß jeder Rinne des untern Gliedes eine Leiste des oberen entspricht. Der zapfenförmige Fruchtstand befindet sich meist an der Spitze des grünen Hauptschaftes oder der Aeste; seltner steht er auf einem besonderen, braunen oder fahlen Schaft, der früher als der grüne, meist mit Astquirlen besetzte Schaft hervorstößt und nach der Fruchtreife wieder abstirbt. Dieser kegelförmige oder walzige Fruchtstand besteht aus mehreren Wirteln meist sechseckiger, gestielter, fleischiger Schildchen, die sich in der Jugend mit ihren Seiten fest aneinander schließen, so daß die Oberfläche des Zapfens facettirt erscheint. Durch das Fortwachsen der Zapfenachse rücken die Schilder von einander und zeigen an ihrer Unterfläche sechs bis sieben häutige Säckchen, welche die Sporen bergen und diese durch eine Längspalte entlassen. Jede Spore ist mit zwei kreuzweise angewachsenen, spatelförmigen Fäden spiralg umwickelt, welche sich, wenn sie trocken werden, strecken und auseinander schlagen, wodurch die Spore fortgeschleudert wird, während sie sich bei eintretender Feuchtigkeit wieder zusammenwickeln, so daß die Spore dann ruhig keimen kann. Sie sproßt in ähnlicher Weise, wie die der Laubfarne, jedoch ist der Vorkeim mehr zerschlüht. Die Antheridien und Archegonien, letztere zahlreicher als bei den Farnen, etwa 20—30, stehen am Rande und auf der Unterseite des Vorkeims, auf dem häufig auch mehrere Keimpflanzen entwickelt werden. Die Schwärmfäden der Antheridien, etwa 150 und mehr in jeder, haben ein breites, flossenartiges Anhängsel. Indem sie, aus den Antheridien entlassen, auf dem Vorkeime umherkriechen und zu den Archegonien gelangen, befruchten sie diese, worauf das Rudiment einer jungen Pflanze entsteht.

Der Equisetumschaft sproßt aus einem unterirdischen, kriechenden und verzweigten, mit quirlförmig gestellten Nebenwurzeln besetzten Stamme hervor, wie denn überhaupt die Cryptogamen keine ächte Wurzel besitzen. Dieser Stamm ist gegliedert, gefurcht und mit Scheiden besetzt, er entsendet eben so beschaffene Aeste, aus denen sich unmittelbar die grünen, oberirdischen Schäfte entwickeln. Außerdem bringt das Rhizom der Schachtelhalme noch Brutknollen hervor, die an den Gelenken unterhalb der Scheiden stehen und sich leicht lösen.

Was den innern Bau der Schachtelhalme anbelangt, so zeigt sich erst hier in ganz ausgeprägter Weise die ringförmige Stellung der Gefäßbündel, die wir bei den Lycopodien kaum angedeutet fanden. Die Gefäßbündel der Equiseten stehen von einander getrennt und in zwei concentrische Kreise geordnet in der Mitte zwischen Achse und Rinde, und zwar in solcher Weise, daß die Bündel des inneren Kreises den Ranten, die des äußeren den Seiten des vieleckigen Stengels gegenüber stehen. In der Mitte eines jeden dieser Gefäßbündel ent-

steht durch Resorption eine Luftlücke, weshalb der Stengel im Querschnitte ebenfalls zwei concentrische Kreise von Luftlücken zeigt. Nur bleiben zuweilen die Bündel eines der Kreise geschlossen und es fehlt dann natürlich auch der eine Kreis der Lücken. Die Gefäße selbst sind Spiralgefäße und Treppengefäße, welche letztere durchaus vorherrschen. Die Ranten des Stengels sind mit hellwandigen Faser- oder Saströhren-Bündeln versehen, durch deren Eindringen ein ziemlich breiter Ring grünen Zellgewebes, das dicht unter der Rinde liegt, bogig ausgeschweift wird, und zwar bei den verschiedenen Arten stets in bestimmter Weise. Die Außenwand des Halmes ist mit einer farblosen Oberhaut langgestreckter, oft strichförmiger Zellen bekleidet und mit Stomaten versehen, die bald unregelmäßig in den Furchen vertheilt sind, bald in regelmäßigen Reihen die zwei Seiten der Ranten besetzen. Diese Athemöffnungen fehlen den nicht grün gefärbten Fruchtschäften. Außerdem bekommt die Oberhaut oft durch kieselige Secretionen regelmäßige Sculpturen, wie etwa in Reihen gestellte Häkchen oder Rosettenbänder.

Besondere Schwierigkeiten macht die morphologische Bedeutung der Gliederscheiden. Die Zähne dieser Scheiden, welche man nach ihrem äußeren Aussehen für umgebildete Blätter hielt, scheinen weiter nichts zu sein, als hautartige Verlängerungen des obern Röhrenendes; denn man findet in ihnen die Zellenpartieen des Stengels im Wesen unverändert, nur näher zusammengedrückt und allmählig abnehmend wieder. Die Ranten des Stengelgliedes und selbst die unter ihnen sich hinziehenden Saströhrenstränge, die Epidermis und die Spaltöffnungen setzen sich ohne Störung in und auf den Zähnen der Scheide fort. Zudem entspringen die Zweigwirtel aus den Knoten des Stengels unterhalb der Zähne, nicht aus deren Winkeln, während bei allen eigentlichen Blättern die Knospen in den Blattwinkeln stehen. Demnach wäre diesen Zähnen keineswegs die Bedeutung von Blättern beizulegen. Aber alle diese Beweisgründe würden nicht stichhaltig sein, wenn die Untersuchungen von Hoffmeister und Schacht richtig sind, nach denen der Scheidezahn der Equiseten an seiner Basis wächst, nicht an seiner Spitze. Die Frage muß bis jetzt als eine unentschiedene betrachtet werden.

Die Equiseten erinnern durch die knotige Gliederung ihres röhri-gen Schaftes, dann durch den Bau der Epidermis, durch ihre Kieselsecretionen lebhaft an die Form der Gräser, worin jene vorhin erwähnte Mittelstellung der höheren Cryptogamen angedeutet ist.

Die vierte und höchste Abtheilung der Gefäß-Cryptogamen bilden die Laubfarne. Merkwürdig und noch wenig gekannt ist hier der Bau der Rhizome, welcher uns zunächst beschäftigen soll. Wir unterscheiden hier verschiedene Grundformen. Die erste ist die des kriechenden, kahlen und mit zerstreuten Stielnarben besetzten Rhizomes, welches wir bei *Polypodium vulgare*, *P. Phegopteris*, *P. Dryopteris*, *P. calcareum* und *Pteris aquilina* finden. Es genügt, eins derselben ausführlicher zu beschreiben. Der horizontal im Boden kriechende Stamm des *Polypodium vulgare* hat die Dicke eines Federkiels und ist auf seiner oberen Seite ganz regelmäßig mit abwechselnd rechts und links stehenden Knoten, den Anhefestellen abgestorbener und abgelöster Wedel früherer Jahrgänge, bedeckt. Dieser Stamm ist mit einem dichten Filze seitlicher Wurzelfasern umwebt und trägt dicht vor seinem durch Spreuschuppen geschützten Ende jährlich ein einzelnes Blatt.

Er gabelt sich darauf und auch die Spitzen der Aeste tragen jährlich nur ein Blatt, weshalb man aus der Zahl der Narben das Alter des Rhizoms und seiner Aeste bestimmen kann. Diese Wachstumsart dürfte noch unbekannt sein.

Auch die Aeste spalten sich und lösen sich von dem verwesenden unteren Stammtheile ab, so daß nach mehreren Jahren an der Stelle, wo ursprünglich nur ein Polypodium stand, der ganze Boden von einem Netzwerke gegabelter Rhizome durchwuchert wird, deren Wedel sich in Gruppen zusammendrängen. Das Rhizom von Polypodium Phegopteris, P. Dryopteris und P. calcareum ist langgestreckt und fast bindfadenartig; hingegen das der großen Pteris aquilina ist sehr dick, die Knotennarben treten stark hervor und sind besonders zahlreich, was auf ein hohes Alter schließen läßt. Ueber den inneren Bau der Rhizome sind wir schon deshalb genöthigt ausführlicher zu handeln, weil über denselben sogar in den besten Werken, wie in dem von Ravenhorst*) und Milde**), Irrthümer verbreitet sind. Nur das Werk von Schacht über die Physiologie und Anatomie der Pflanzen enthielt betreffs der Struthiopteris germanica einige richtige, aber unvollständige Angaben, was nicht zu verwundern ist, da dieser Farn von je her die Aufmerksamkeit der Forscher erregte.

Es geht wohl durch alle botanischen Werke die Angabe, daß die Gefäßbündel des Farnstammes in einem durchbrochenen Kreise stehen. Weil nämlich ein Querdurchschnitt durch den Stamm einen solchen Kreis zeigt, so wurde ohne Weiteres gefolgert, daß die Bündel getrennt, in senkrechter Richtung und untereinander parallel durch den Stammkörper zögen. Es ist nun allerdings schwierig, den wirklichen Verlauf dieser Bündel aufzufinden. Entfernt man von dem Stamme des Polypodium vulgare durch Längsschnitte die oberen Zellenpartieen bis in die Nähe der Gefäßbündel und beginnt dann die Zellschichten, welche diese Bündel bedecken, sorgfältig durch Schaben mit einem scharfen Messer zu beseitigen, so bemerkt man bald, daß die bloßgelegten Bündel hie und da unter sich verknüpft sind, bis nach vollständiger Bloßlegung das Präparat die ganze Construction schon ziemlich deutlich erkennen läßt. Wendet man Jodlösung an, so färben sich die stärkemehlhaltigen Zellenpartieen dunkelblau, die Gefäße bleiben gelb, und man sieht noch deutlicher die ganze Anordnung letzterer. Die Gefäßbündel bilden nämlich ein aus regelmäßigen Maschen gestricktes Netzwerk, welches die aus Zellen bestehende Achse des Stammes umgibt und von dessen Knotenpunkten feinere Gefäßbündel in die Wedelstiele und Wurzelfasern verlaufen. Ich untersuchte und fand eine der Hauptsache nach gleiche, im Einzelnen durch Dicke der Gefäßstränge, Größe und Form der Maschen und andere Besonderheiten verschiedene Construction fernerhin bei Pteris aquilina, Asplenium viride, A. Trichomanes, A. septentrionale, A. filix femina, Polystichum filix mas, P. oreopteris und Struthiopteris germanica, und bin überzeugt, daß Aspidium aculeatum, Polystichum spinulosum, Cystopteris fragilis, Blechnum boreale und Scolopendrium officinarum, bei denen ich nur den äußeren Bau untersuchte, eine gleiche Anordnung der Gefäßpartieen haben.

*) Deutschlands Cryptogamen-Flora.

**) Die Gefäß-Cryptogamen in Schlesien.

Eine zweite Hauptform ist die des wagerecht liegenden Stammes, welcher rings umher mit spiralig gestellten Blattstielresten schuppenartig umkleidet ist, deren Ordnung das vorhin beschriebene Netz von Gefäßbündeln zu Grunde liegt. Bei dem liegenden Rhizome von *Polystichum alix mas* laufen die Maschen des Netzes, die von ihm austretenden Gefäßstränge der Wedelstiele und diese Stiele selbst in fünf unmittelbar zusammenliegenden Spiralen um die Achse. Auf Taf. I Fig. 3 sind jene Maschenspiralen durch 1, 2, 3, 4, 5 bezeichnet. Die dunkelschattirte Spirale 1 kommt bei 1' wieder zum Vorscheine.

Eine dritte Hauptform ist die des senkrecht wachsenden, ein- oder mehrgipfeligen Rhizomes, welches im Uebrigen durch die Anordnung der Wedelstiele der vorigen Form gleicht. Hierhin gehören die Stämme von *Blechnum boreale*, *Polystichum oreopteris* und *Scolopendrium officinarum*. Das senkrechte, ungetheilte Rhizom der *Struthiopteris germanica* erinnert durch sein zum geringen Theil oberirdisches Wachstum, mehr noch durch seinen übrigen Bau an die Stämme tropischer Baumfarne; es brauchte sich nur einige Fuß höher zu strecken, um diesen vollständig zu gleichen, ein Grund mehr, um es genauer kennen zu lernen. Es ist von kegelförmiger Gestalt, mit der Spitze nach unten gesenkt und ringsum von den schwärzlichen Stielresten früherer Blattgenerationen panzerartig umschlossen. Der breite Gipfel trägt zwei Ringe grüner Wedel dieses Jahres, die eine Doppelkrone zusammensetzen. Innerhalb dieser auf dem Mittelfelde des Gipfels sind die Knospen mehrerer künftigen Jahre verborgen. Die Seiten und besonders die untere Spitze des Rhizoms sind von einem dichten Geflechte von Seitenwurzeln umwebt; zuweilen werden auch dicke, schuppige und rankende Ausläufer erzeugt. Trotz ihrer äußerst zarten Beschaffenheit sind sämtliche Wedelknospen des Gipfels so gut bewahrt, daß ihnen Regen und Sonnenhitze, Frost und Schnee mehrerer Jahre, die sie überdauern müssen, nichts anhaben kann. Sehen wir, wodurch dieses bewirkt ist. Erstens schließen sich die alten Blattstielfüße, die in zusammengedrängten Spiralen um die Stammachse laufen, mit ihren schaufelartigen, auf dem Rücken gewölbten Platten zu einer Ringmauer zusammen, welche den Gipfel des Stammes und dessen Knospen überragt und von der Seite fest umschließt. Dann haben diese Platten eine Biegung, so daß sie sich oben, wo die Spindel beginnt, aneinanderneigen und über den Knospen einen Verschluss bilden. Diese seitlich und oben verschlossene Höhlung, in der die Knospen stehen, ist zweitens ganz mit wärmenden Spreuschuppen ausgefüllert, drittens sind die Knospen selbst mit solchen bekleidet, viertens schützen sich die Knospen gegenseitig. Sie setzen nämlich die genannten Spirallinien fort, die sich hier in einem Wirbel zum Mittelpunkte des Gipfels drehen. Selbstverständlich stehen nun die ältesten und größten, mithin die stärksten Knospen zu äußerst in diesem Wirbel und umschließen in einem Ringe mit ihren breiten Füßen von der Seite und mit ihren zusammengedrückten Köpfen von oben die inneren Ringe der mittelgroßen, kleinen und kleinsten Knospen, so daß die innersten, die erst als grüne Punkte in einer helleren, fast pulpösen Cambium-Zellenmasse angedeutet sind, von allen Knospenringen zugleich geschützt werden. Die Durchführung der Spirale ist es also, aus der sich hauptsächlich alle diese Vortheile ergeben. Man erkennt die Spiralbänder, in denen die Wedel zusammengeordnet sind, schon an einem rohen Präparate des Rhizomes, wenn

man nämlich sämtliche Wedelstiele unten abschneidet und den Verlauf der Narbenreihen betrachtet. Doch da die Linien ziemlich verwirrt durcheinanderlaufen, ist es nöthig, das ganze Gefäßbündelnetz und dazu die dicht unter dem Knotenpunkte der Maschen abgezweigten Gefäßstränge der Blattstiele bloß zu legen. Letztere Stränge treten immer zu zweien in den Blattstiel, sie sind nicht, wie Schacht behauptet, an ihrer Ursprungsstelle zu einem einzigen Bündel verwachsen. Siehe Tafel II. Fig. 1 das ganze präparirte Rhizom, Fig. 2 einige Maschen mit den austretenden zwei Gefäßsträngen, a. Verbindet man diese sämtlichen Ursprungsstellen, so findet man fünf von links nach rechts mehrfach um die Stammachse gewundene Spiralen, welche mithin die Grundordnung der Blattstellung bilden.

Die Spirallinie tritt ferner auch in der Knospenlage der jungen Wedel hervor, und ist für alle ächten Laubfarne gesetzmäßig. Diese Einrollung ergibt sich als ein fünftes Schutzmittel, welches wir ebenfalls bei der Knospe der *Struthiopteris* nachweisen wollen. Die Spitze derselben, noch ganz schlaff und von fast schleimiger Consistenz, befindet sich nämlich im Mittelpunkte der Spirale, und um sie winden sich mehrere Umläufe des nach unten immer dicker werdenden Stengels, dessen gewölbter Rücken genau in die Furche der Vorderseite paßt (Taf. I. Fig. 4 a.). Die beiden Seiten dieser Rolle (Fig. 4 b) sind fest geschlossen, indem die schon jetzt fertigen Fiederblättchen ihre seitlichen Hälften wie Blendadenklappen übereinanderschieben, während die Theilblättchen dieser Fiedern sich gegenseitig ihre Fugen verdecken (Fig. 4 b, c.). Auf diese Weise entstehen zu den mehrfachen Rückenwänden noch mehrfache Seitenwände. Zu Anfange des Sommers wickelt sich nun der junge Farn allmählig empor, wobei zuerst die unteren, stärkeren, dann die schwächeren und mittlerweile gekräftigten Theile frei werden.

Einen in Beziehung auf die Anordnung der Gefäßbündel höchst eigenthümlichen Bau, wie er auch bei den tropischen Marattiaceen vorkommt, besitzt der Stamm von *Osmunda regalis*. Die Gefäße bilden hier kein peripherisches Netz, scheinbar auch keinen durchbrochenen Ring, sondern eine markähnliche, dicke Säule im Centrum des Stammes, von deren Seiten Gefäßzweige in die Wedelstiele treten (Taf. II, Fig. 3.). Also möchte es scheinen, daß die peripherische Anordnung der Gefäßbündel bei den Farnen überhaupt nicht durchgreifend gesetzmäßig wäre. Jedoch verschwindet bei genauer Untersuchung dieser Schein. Ein sorgfältiger Querschnitt läßt erkennen, daß diese Säule nicht einfach ist, sondern aus Bündeln besteht, die sich so dicht zusammen schließen und so geordnet sind, daß jener Querschnitt eine Rosette bildet. Die Blätter dieser Rosette sind nur durch feine Radien getrennt, die Radien entstehen im Mittelpunkte der Rosette, der indeß nur klein und verschwommen ist. Die mikroskopische Untersuchung, die ich anstellte, wies nach, daß dieser Mittelpunkt nicht aus Gefäßen, sondern aus parenchymatischen, bald mehr sackförmigen, bald mehr regelmäßig sechseckigen Zellen bestand (Taf. II. Fig. 4), wodurch also die ringförmige Stellung der Gefäßbündel bewiesen ist. Von diesem Mittelpunkte setzten sich ebenso beschaffene Zellen (a) durch jenen Ring von Gefäßbündeln (b), den sie wie durch feine Nähte trennten und in eine Rosette theilten. Dann umwallten sie in dünner Schicht die Peripherie der Säule und verschmolzen mit den Zellen der Wedelstiele. Sie bilden also den eigentlichen Stamm, der hier auf

ein Minimum reduziert ist. Die Gefäßbündel selbst bestanden größtentheils aus Treppengefäßen, die überhaupt bei den Farnen vorherrschen, neben denen noch Spiral- und Ringgefäße auftreten. Nicht weniger merkwürdig sind bei *Osmunda regalis* die Gipfelknospen gestellt. Die äußerste, größte Knospe umschließt mit einer mantelartigen, häutigen Verbreiterung ihres Fußes die übrigen Knospen gänzlich und auch diese unwickeln sich gegenseitig durch eine gleiche Haut. Sie sind so dicht zusammengedrängt und mit einem fleberigen Filzgewebe so fest verleimt, daß sie scheinbar nur eine einzige, zapfenförmige Knospe ausmachen. Deshalb findet man in verschiedenen, sonst gründlichen wissenschaftlichen Werken die Angabe, bei den Osmundaceen und *Osmunda* seien die Wedel in der Knospenlage nicht spiralg eingerollt, was einen auffallenden und wichtigen Unterschied von den ringfrüchtigen Farnen abgeben würde. Indes läßt ein sorgfältiger Längsschnitt sofort erkennen, daß jene Scheinknospe aus einer Menge echter Knospen zusammengesetzt ist, deren jede schneckenförmig eingerollt liegt.

Bei unseren Farnen treten seitliche Gefäßstränge in bestimmter Ordnung und Zahl aus den Knotenpunkten der Maschen oder aus der Mittelsäule des Stammes in die Wedelstiele und zeigen im Querschnitte charakteristische Figuren, die nicht selten das beste Merkmal zur Unterscheidung der Arten abgeben.

Um die weitere Entwicklung der Farne zu verfolgen, wählen wir eine der bekanntesten Arten, *Polypodium vulgare*. Hat sich der anfänglich spiralg eingerollte Wedel des *Polypodium* emporgestreckt und breitet er sein fiederspaltiges Blatt vollständig aus, dann entspringen bald aus den Nerven auf der Unterseite der Spaltblätter die runden, unbedeckten Fruchthäufchen, die sich in einer einfachen Reihe zu beiden Seiten der Mittelrippe dieser Blätter ordnen und allmählig rötlichbraun werden. Jedes dieser Häufchen ist aus einer Menge sehr kleiner, gestielter Knöpfe, den Sporangien oder Samenkapseln, zusammengesetzt. Ein solches Sporangium zeigt sich unter dem Mikroskope in folgender Weise. Ein aus langgestreckten Zellen zusammengesetzter Stiel trägt eine aus halbdurchsichtigen, bräunlich angehauchten Platten (Zellen) gefügte Hohlkugel, deren Inneres mit unzähligen Körperchen von gelber Farbe und bohnenförmiger Gestalt angefüllt ist. Letztere sind die einzelligen Samen oder Sporen. Von dem Stützpunkte des Trägers läuft um die Peripherie der Kugel ein Ring oder Gürtel von Zellen, der ziemlich stark hervortritt und von der Seite gesehen arkadenartig aus rötlichen Rundbögelchen und hellgelben Bogenfeldern gar zierlich zusammengesetzt erscheint. Er springt an einer Stelle auf, und zwar wenn er zur Zeit der Kapselreife austrocknet und sich zusammenzieht, und reißt sodann die Hohlkugel, der er fest angewachsen ist, in zwei unregelmäßige Klappen, eine obere und untere auf, worauf die Sporen entlassen werden. Nach jenem Ringe der Sporenkapsel bezeichnet man die Hauptabtheilung der Laubfarne als *Filices gyratae*, zum Unterschiede von denjenigen, welche, wie *Osmunda* und *Botrychium*, eine Kapsel ohne Ring haben.

Die Sporen selbst haben bei den verschiedenen Arten oft verschiedene Umrisse und Zeichnungen der Oberhaut; gewöhnlich zeigen sie drei flache und eine gewölbte Seite, welche Form höchstwahrscheinlich davon herrührt, weil die Sporen ursprünglich zu je vieren in einer Mutterzelle entstanden. Nach Hoffmeisters und Schachts Untersuchungen beginnt die

entlassene Spore der Farnkräuter nach etwa drei bis vier Wochen zu keimen, indem die innere Haut der Sporenzelle die sie bekleidende äußere Haut durchbricht, sich fadenartig gliedert und sich darauf zu einer in der Mitte aus mehreren Chlorophyllhaltigen Zellschichten bestehenden Haut, dem Vorkeim oder Prothallium, erweitert. Dieser Vorkeim entwickelt dann an seiner Unterseite zahlreiche, selbst fünfzig bis sechszig Antheridien, zapfenförmige Hervortretungen mit einfacher Zellwand, in deren Innern kleine, rundliche Zellen erzeugt werden, deren jede zwanzig bis dreißig aufgerollte Schwärmfäden in sich birgt. Bei der Reife öffnet sich die Antheridie und entläßt diese Zellen, aus welchen bald darauf die vorn bewimperten, in einem Bläschen endenden Spiralfäden hervorschlüpfen und in lebhafter Bewegung umherwirbeln, bis sie bei dem Archegonium oder Keimorgane anlangen, welches sie befruchten. Dieses Archegonium tritt auf der Unterfläche des verdickten Mitteltheils des Prothalliums hervor. Es ist ein krugförmiges Gebilde, oben geschlossen; in seinem Grunde liegt eine Centralzelle mit dem Keimbläschen. Der Hals des Kruges öffnet sich, die Schwärmfäden dringen hinab und befruchten dieses Keimbläschen, welches dann durch Zelltheilung zu einer Kugel fortwächst, die sich differenzirend nach oben die Stammknospe mit dem Rudimente des ersten Blattes, nach unten die Wurzelanlage entsendet.

Die Sporangien oder Sporenkapseln der Farne entspringen aus den Enden der Blattadern und gruppen sich in mannigfaltiger, bei den einzelnen Arten stets bestimmter Weise. So umsäumen sie bei *Pteris* in ununterbrochener Linie den Rand der Unterseite der Fiedern; bei *Asplenium* bilden sie schräge, zwischen Mittelrippe und Blattrand geordnete Streifen. Bei den Polypodien sind die hier runden Sporangiengruppen unbedeckt gelassen; aber durchgehends wendet die Natur nicht unerhebliche Schutzmittel an. Bei *Ceterach officinarum* ist die Unterseite der Wedel dicht mit einem hellbraunen, trockenen und wärmenden Filze von Spreuschuppen bekleidet, zwischen denen die streifigen, gegabelten Gruppen der Sporenkapseln versteckt sind. Die meisten unserer einheimischen Farne besitzen aber zur Bedeckung und zum Schutze der jungen Fruchthausen ein sogenanntes Schleierchen, welches ein regelmäßig abgehobener Theil der Epidermis des Blattes ist und welches gleich ihr mäanderförmig geschlungene Zellen, aber keine Stomaten hat. Die Form des Schleierchens richtet sich im Ganzen nach jener der Sporangiengruppen. Besonders ist die Anheftungsweise desselben bei den verschiedenen Abtheilungen verschieden und bietet ein für die systematische Beschreibung wichtiges Merkmal. Höchst anziehend ist es nun aber, zu verfolgen, in welcher Weise der Wedel selbst zum Schutze der Sporangien verwandt wird. Zunächst ist es hier die Wachstumsweise der Sporenkapseln „auf der Unterseite“ des Wedels, welche es möglich macht, daß die Sporen dem unmittelbaren Sonnenlichte und der ihnen eben so verderblichen Nässe entzogen werden. Diese Anheftungsweise würde indeß nichts bewirken, wenn der Wedel senkrecht emporwüchse, wodurch die Ober- und Unterseite auf gleiche Weise bloßgestellt wäre. Es kommt also zweitens auch auf die „Wachstumsrichtung“ des Wedels an. Hier ist es, wo wir die Formen in ihrer Zweckmäßigkeit erkennen und die Bedeutung des scheinbar Unbedeutendsten gewahren. Der Wedel von *Polypodium vulgare* neigt sich bogenförmig, horizontal oder hängt herab, und bildet so ein Schmuckwerk des Waldbodens, der Felsen und

2

alten Gemäuers; aber es wird noch wohl nicht beachtet sein, daß diese Wachstumsrichtung ein eben so natürliches als nothwendiges Schuttmittel der Sporangienruppen bildet. Das Blatt selbst dient hier nämlich als Schuttdach. Aehnlich verhält es sich mit dem Wedel von *Scolopendrium officinarum*. Zwei andere Polypodien, *P. Phegopteris* und *P. calcareum*, neigen ihren Wedel nur ein wenig, und würde dieses allein nicht zum Schutze genügen; aber hier biegen sich die beiden Seiten der einzelnen Fiedern von ihrer Mittelrippe schräg nach unten, und bilden so ein Dach, dessen First die Mittelrippe ist. Jedes Seitenblättchen dieser Fiedern krümmt sich zudem rinnenförmig, und die Sporangienruppen, die der concaven Unterseite eben dieser Blättchen angeheftet sind, stehen also gleichsam unter einer doppelten Wölbung. Der aus dem Rhizome tretende Stiel des zarten *P. Dryopteris* wächst zuerst unter der Erde schräg, knickt aber um und wächst senkrecht empor, bis er sich oben, wo das Blatt beginnt, abermals fast in einem rechten Winkel knickt und dadurch die Blattspitze in eine fast horizontale Lage bringt, wodurch bei noch hinzutretender Einkrümmung der Fiedern die Fruchthäufchen gänzlich gedeckt werden. In eigenthümlicher Weise wird der Schutz der Sporen durch die Wachstumsrichtung bewirkt bei den Polystichen, bei vielen Asplenien und der *Pteris*. Hier stehen die Fiedern an der Spindel schräg, so daß eine über die Fläche der Fiedern gezogene Querslinie mit der Spindel einen Wechselwinkel bildet. Indem nun diese Spindel selbst sich neigt, kommen die Fiedern in eine horizontale oder fast horizontale Lage. Bei Fig. 1 Taf. 2 ist A B die Spindel, C D bezeichnet die Stellung einer der Fiedern, E F bezeichnet den Erdboden. Das Fiederchen C D wird durch seine eigene Schrägstellung und die Neigung der Spindel, durch \sphericalangle B G D und B A F, horizontal. Wie die Neigung der Spindel nach oben hin zunimmt, nimmt die Schrägstellung der Fiedern in Beziehung auf die Spindel ab. Also sind durch die Combination zweier schrägen, sich schneidenden Linien die Fiedern so gestellt, daß die an ihrer Unterseite befindlichen Fruchthäufchen den schädlichen Einflüssen der Witterung möglichst gut entzogen sind. Diese Construction, auf die bishin noch nicht aufmerksam gemacht ist und deren Zweck noch nicht erkannt wurde, beobachtete ich bei den oben genannten Farnen in unzähligen Fällen; am bestimmtesten tritt sie hervor bei *Pteris aquilina*. Neben dem Nutzen ergibt sich hier in allen Fällen auch ein ästhetischer Vortheil. Wären die braun oder schwarz gefärbten Fruchthäufchen nicht durch jene Richtung der Fiedern dem Auge entzogen, überdeckten sie gar die Blattoberfläche, dann würde das ganze Blatt einen Eindruck machen, als wenn es durch schwarzende Auswüchse entstellt wäre. Es würde die Form des oft so complizirt gefiederten Wedels verwischt werden und zwecklos erscheinen, wie eine kunstreiche Zeichnung, die mit zahllosen kleinen Flecken bedeckt würde. Auffallender und handgreiflicher ist die Art des Schutzes der Sporen, welche durch Umbildung des Wedels oder seiner Fiedern zu einem mehr oder minder geschlossenen Behälter bewerkstelligt ist. Dieses findet bei unserm *Blechnum boreale* statt, wo die Fiedern des Fruchtwedels sich zu einer fast geschlossenen Röhre krümmen. *Struthiopteris germanica* bildet aus den Fiedern des Fruchtwedels schon eine vollständige Röhre. Von den Ophioglossen formt *Ophioglossum vulgatum* das eine Blatt zu einem zweizeiligen Kolben um, dessen übereinanderstehende, später auffpringende Quersächer die Sporen bergen. *Botrychium* bildet ein niedliches Träubchen von runden Kapseln, welche freie Sporen enthalten.

Wie merkwürdige Mittel oft bei den Farnen angewandt sind, das Blatt von den Sporangiengruppen zu befreien und gleichsam selbständig zu machen, zeigen besonders manche nicht einheimische Arten. Bei *Lygodium circinnatum* entwickelt sich z. B. neben dem Wedel eine Ranke, in deren Höhlung die Früchtchen versteckt sind; das ovale Blatt von *Hymenolepis ophioglossoides* birgt sie in seiner ungerollten, dornähnlich verlängerten Spitze; *Cibotium* verdrängt die schildförmigen, bräunlichen Kapseln, worin die Sporangien verschlossen sind, auf den äußersten Saum des Blattes, über den sie hervorragen und den sie mit einem niedlichen Franzenbesatze umsäumen. *Hymenophyllum tunbridgense* trägt kleine, Mooskapseln ähnliche Fruchtbehälter in den Fiederwinkeln. Bei *Balantium Culcita* sind die Sporangienhaufen auf den Blattrand hinausgeschoben und werden von der hier sich spaltenden Blattfläche wie von einer Kapsel umfaßt. Somit tritt, wie es der Begriff des Laubfarn im Gegensatz zu den Equiseten und Lycopodien erheischt, das Blatt thatsächlich und auch für die Anschauung in den Vordergrund; die Sporangien erscheinen in ihrer Stellung als abhängig; sie sind meist durch die merkwürdigsten Mittel versteckt, was also neben der vorhin bewiesenen „praktischen“ und „ästhetischen“ auch seine „logische“ Bedeutung hat. Ueberschauen wir das ganze weite Gebiet der Farnen, so wird uns auch hier die vorwiegende Bedeutung des Blattes entgegenreten. Die schöpferische Phantasie scheint alles aufgeboten zu haben, die Abtheilung der Farnen durch einen erstaunlichen Reichthum verschiedener und schöner Plattformen auszuzeichnen. Es kommen hier die Formen des ungetheilten Blattes, es kommen alle Arten der Spaltung, Theilung und Fiederung vor; selbst die Blätter dicotyledonischer Gewächse werden auf das Täuschendste nachgebildet, wie schon manche Namen nicht einheimischer Farne andeuten. So hat *Goniopteris fraxinifolia* das Blatt der Esche, *Asplenium tridactylites* das eines Steinbrechs, *Adiantum reniforme* besitzt ein nierenförmiges, *Hemionitis palmata* ein handförmiges Blatt, während *Asplenium palmatum* ein förmliches Epheublatt aufzuweisen hat, zahlreicher anderer Beispiele nicht zu gedenken.

Ist es nun aber wohl zufällig, daß bei den Farnen die Blattentwicklung so sehr vorwiegt; müssen wir nicht vielmehr annehmen, daß auch hier Zwecke obwalten? Ein solcher Zweck läßt sich mit großer Wahrscheinlichkeit aus der Geschichte der Pflanzenwelt herleiten, und müssen wir ihn kurz darstellen, weil hierdurch auch unsere jetzigen und einheimischen Farne in das rechte Licht gesetzt werden, weil hierdurch die allgemeine, ursprüngliche Bedeutung ihrer Form erkannt werden kann.

Die Gefäß-Cryptogamen sind die ältesten Landgewächse; vor ihnen, in der Silurischen und Devonischen Periode, herrschen die meerbewohnenden Thallophyten, also Zellen-Cryptogamen. Die Landpflanzen haben die Aufgabe, durch ihre Blätter die Kohlensäure der Luft einzuathmen und nachdem der Kohlenstoff im Pflanzenkörper gebunden, den freien Sauerstoff unter dem Einflusse des Lichtes wieder auszuathmen. Dieser Prozeß bewirkt nun in dem Falle, nach Grischow und Saussure, Luftverbesserung, wenn die Luft „überschüssige“ Kohlensäure enthält, während die bloße atmosphärische Luft, wenn sie keinen besonderen Zusatz dieses Gases enthält, nach Linné's und Grischow's Versuchen durch die Athmung der Pflanzen nicht verändert wird. Es werden aber in der Gegenwart der Atmosphäre der Erde immer große Mengen überflüssiger Kohlensäure zugeführt, nach Schleiden jährlich etwa 100 Bill.

Pfd. ausschließlich der durch Vulkane entbundenen Kohlensäure, und hierdurch würde in 10 Jahren der Kohlensäure-Gehalt der Luft verdoppelt, in 500 Jahren würde dieselbe unathembar werden, wenn nicht durch das Gewächreich eine Gegenwirkung stattfände. Bedenken wir nun, wie außerordentlich groß der Ueberfluß an diesem Gase in jener Periode gewesen sein muß, in der die Landpflanzen zuerst auftraten, „wo also die Atmosphäre noch nicht bearbeitet war.“ Während aller vorhergehenden, langen Zeiträume, namentlich bei der Bildung der plutonischen Gesteine und Eruptionsmassen, bei der gesteigerten vulkanischen Thätigkeit der Erde mußte eine ungeheure Menge Kohlensäure frei werden; während der Silurischen und Devonischen Periode hatte auch schon der Verwesungs-Prozeß mitgewirkt. Nun, im Beginn der Kohlenperiode oder ein wenig früher, entstanden die ersten Landpflanzen, und da gerade die Blätter der Pflanzen die Aufgabe haben, Kohlensäure einzuathmen, den Kohlenstoff derselben zu binden und den Sauerstoff frei zu lassen, — so war für diese Periode „überwiegenden“ Kohlensäure-Gehaltes eine Gewächsabtheilung mit „überwiegender“ Blattentwicklung zweckmäßig. Es wurden die Farne geschaffen, die wir dem Begriffe nach als „selbständige Blätter“ bezeichnen könnten. Somit erkennen wir die allgemeine, typische Form der Farne in ihrer Bedeutung und Zweckmäßigkeit. Außerdem herrschten diese Gewächse während der Kohlenperiode durchaus vor; sie machten 81,6 pCt. nach Unger aus, und sie waren gleichmäßig durch alle Zonen der Erde verbreitet.

In den Calamiten, die zu den Schachtelhalmen gehören, wurde hingegen ein selbständiger Stamm, ein Achsengebilde geschaffen. Diese Form ist deshalb zweckmäßig, weil sie ermöglicht, daß ein Raum mit der verhältnißmäßig größten Anzahl von Exemplaren bestanden werden kann. Wie wir von unseren Equiseten schließen dürfen, wird die Oberfläche des Calamiten-Stammes außerdem mit Stomaten besäet gewesen sein; das ganze Gewächs war nur ein raschwachsender, ein- und ausathmender Schaft. Die rankenden Lytopodiaceen, bei denen die Stamm- und Blattentwicklung sich das Gleichgewicht hält, waren durchaus dazu geeignet, alle Lücken der Calamiten- und Farnwälder zu benutzen, und somit war jeder Raum, wo nur Gewächse auftreten konnten, vollständig ausgefüllt. Wie alle diese Gefäß-Cryptogamen gewuchert haben, welche Massen von Kohlenstoff sie banden, welche Mengen also von Sauerstoff sie ausathmeten, geht aus der Mächtigkeit und Verbreitung der Steinkohlen-Flöße hervor. Wir können uns jetzt erklären, wie es kommt, daß gleich nach der Kohlenperiode, aber nicht eher Thiere vorkommen, die durch Lungen athmen. Es lösten damals die Gefäß-Cryptogamen ihre Aufgabe, das Auftreten höheren animalischen Lebens ermöglichen zu helfen, und darauf traten sie in den folgenden geologischen Perioden vor anderen Gewächsklassen zurück.

Allenthalben, wo wir im Vorigen bei Betrachtung der einzelnen Arten unserer Gefäß-Cryptogamen, wo wir zuletzt bei der Betrachtung der typischen Form, Zweckmäßigkeit und Zwecke sahen, sind wir genöthigt, in höherem Sinne auch Absichten zu erkennen; denn im Grunde genommen ist jeder Zweck in der Natur, weil er von Gott gesetzt ist, Absicht. Auch die Wissenschaft muß sich dieser Wahrheit bewusst sein, wenn sie ihr Ziel nicht verfehlen will; ja die rechte Wissenschaft wird uns oft gerade während der strengsten Forschung zu jenem Aufblicke nöthigen, der sich in den schönen Worten Linne's ausspricht: Deum sempiternum, omniscium, omnipotentem, a tergo transeuntem vidi et obstupui. Jetzt ist die Sprache der meisten Naturforscher leider eine andere geworden.

☞ Diese Abhandlung erschien im Separat-Abdrucke (in M. Friedländer's Buchhandlung in Brilon) als erster Theil einer größeren Arbeit, betitelt „Die Gefäß-Cryptogamen Westfalens.“