

Sitzungsberichte

der

königl. bayer. Akademie der Wissenschaften

zu München.

Jahrgang 1864. Band I.

München.

Druck von F. Straub (Wittelsbacherplatz 3).

1864.

In Commission bei G. Franz.

50 291-2

sehr niedrigen Preis gestellt werden kann, so steht ohne Zweifel eine bedeutende Anwendung dieses Materiales im Grossen zu erwarten.

Herr Nägeli hielt einen Vortrag:

„Ueber den innern Bau der vegetabilischen Zellenmembranen“.

(Mit zwei Tafeln)

Es ist schon lange bekannt, dass die pflanzlichen Zellmembranen nicht bloss geschichtet sind, sondern dass sie, auch von der Fläche angesehen, eine zarte Zeichnung zeigen, unabhängig von der gröbern Zeichnung, welche Folge ungleicher Verdickung ist und in Form von Fasern und Poren auftritt. Die ersten genauen und sichern Angaben hierüber rühren von Mohl her (Erläuterung und Vertheidigung meiner Ansicht von der Structur der Pflanzensubstanz 1836). Derselbe beobachtete an den Wandungen vorzüglich von Bastzellen eine netzförmige Structur und leitete dieselbe von spiralförmig gewundenen, steil aufsteigenden Fasern her, welche in den verschiedenen Membranschichten sich kreuzten und daher die Fläche der Zelle in rhombenförmige Felder zu theilen schienen.

Valentin machte gleichzeitig ähnliche Beobachtungen, glaubte aber irrthümlicher Weise, dass die spiralförmigen Fasern an einer Zelle in gleicher Richtung verlaufen und dass die Kreuzung derselben von dem Durchscheinen der hintern Zellwand herrühre und daher wie bei den eigentlichen Spiralfasern nur scheinbar sei (Valentin's Repertorium für Anat. und Physiol. I, 88). Derselbe fand ferner, dass nicht die äusserste Schicht der Membran (die sog. ursprüngliche Membran), sondern nur die übrigen Schichten (die sog. Verdickungs- oder Verholzungsschichten) die spirali-

gen Streifen erkennen lassen; und es sollten dieselben aus Körnchen hervorgehen, welche auf der innern Fläche der Membran sich anlagern, zuerst ohne bestimmte Anordnung, bald aber reihenförmig geordnet erscheinen und schliesslich in die Fasern übergehen.

Zu der nämlichen Zeit beschäftigte sich auch Meyen mit der spiraligen Zeichnung der Zellenmembranen, veröffentlichte seine Untersuchungen aber etwas später (*Pflanzenphysiologie* 1837, I, 18, 45, 108). Durch Vermengung von wirklichen Spiralfaserzellen, welche sehr feine und enggewundene Spiralfasern besitzen, mit den spiralförmig gestreiften Membranen wurde derselbe zu dem Ausspruche veranlasst, die Schichten der Zellwandung, auch die äusserste nicht ausgenommen, bestehen aus trennbaren Fasern.

Fortan tritt nun die Frage, ob die Membranen aus sogenannten Primitivfasern zusammengesetzt seien, in den Vordergrund. Mohl widmete ihr eine Abhandlung (über den Bau der vegetabilischen Zellmembran 1837) und verneinte sie. Indem er die Irrthümer Meyen's nachwies, legte er besonderes Gewicht auf die beiden Thatfachen, erstlich, dass bei den Bastzellen der Apocyneen die Fasern häufig einen netzförmigen Verlauf haben, und dass die Lücken zwischen denselben mit einer glatten Membran ausgefüllt seien, ferner dass die jugendlichen Zellhäute immer homogen erscheinen und erst später gestreift werden; die Faserung oder Streifung im einen und andern Fall erklärte er durch ungleiche Verdickung der Membranschichten.

Für die Zusammensetzung der Zellmembranen aus Primitivfasern trat hinwieder J. Agardh in die Schranken (*De cellula vegetabili fibrillis tenuissimis contexta* 1852). Er untersuchte ausschliesslich einige grosszellige Meeralgen und glaubte hier aufs deutlichste die Selbstständigkeit der Fibrillen erweisen zu können, welche gleichsam wie in der

Leinwand mit einander verwoben und gekreuzt seien und nicht nur von einer Membranschicht in die andere, sondern auch von einer Zelle in die andere übertreten. Diese Fibrillen werden durch eine Gallerte bedeckt und vereinigt und lassen sich nur selten vollkommen von einander trennen.

Dagegen erwiederte Mohl (Bot. Zeit. 1853 p. 753), dass der Uebergang einer Faser aus einer Membranschicht in die andere an den von Agardh untersuchten Pflanzen nicht zu beobachten sei, dass im Gegentheil die Selbstständigkeit der Schichten hier besonders deutlich und lehrreich entgegentrete. Die einzelnen Schichten seien aber mit sehr feinen, parallellaufenden, einander sehr genäherten Linien besetzt, welche sich ungefähr unter einem rechten Winkel kreuzen und welche in der gleichen Fläche zu liegen scheinen. Eine Trennung dieser Streifen oder Fäserchen lasse sich weder durch mechanische noch durch chemische Mittel vollziehen; diess gelte auch von den Spiralstreifen der Bastzellen, welche entweder in gleicher Richtung verlaufen oder gleichzeitig rechts und links gewundene Spiralen darstellen, wobei es unentschieden gelassen wurde, ob die sich kreuzenden Linien der nämlichen oder verschiedenen Membranschichten angehören. Ebenso lässt es Mohl schliesslich unentschieden, ob die Membran aus Elementarfasern von bestimmter Form und Organisation zusammengesetzt, oder ob jene Streifen nur die Andeutung einer ungleichförmigen, nach der Richtung einer Spirale geordneten Anordnung der Molecüle seien.

Durch eine Reihe von Untersuchungen an den verschiedenen pflanzlichen Geweben wollte H. Crüger (Bot. Zeit. 1854 p. 57 und 833) nachweisen, dass die Schichten aus nebeneinander liegenden und leicht trennbaren Primitivfasern bestehen. Beobachtung und Urtheil lassen aber allzusehr den Mangel an Critik fühlen. Mit der Streifung

wird nicht nur die Faltung der Membranen, sondern selbst die Schichtung vielfach verwechselt. Die Angaben betreffend das zweite Liniensystem, welches auf den Bastzellen der Apocyneen und Asclepiadeen sich mit den aufsteigenden Spiralstreifen kreuzt und eine netzförmige Zeichnung hervorbringt, werden missverstanden und dasselbe für eine auf Interferenz beruhende optische Täuschung erklärt. Die Messungen, welche Crüger über die Zunahme der Zellen-durchmesser und die Richtungsänderungen der Streifen bei der Quellung anstellte, entscheiden nicht, wie er meinte, über die Existenz der Primitivfasern, sondern nur über deren Imbibitionsfähigkeit; sie geben übrigens, wenn die Rechnung richtig ausgeführt wird, das entgegengesetzte Resultat von dem, das der Verfasser ableitet, indem sie nämlich eine beträchtliche Wasseraufnahme in der Längsrichtung der Streifen darthun.

Crüger ging noch weiter und wollte die Primitivfasern der Zellmembranen mit den Protoplasmaströmchen des Inhaltes in Verbindung bringen (Bot. Zeit. 1855 p. 601). Es ist überflüssig, auf diese Phantasie einzutreten, da jeder, der die Strömchen des Inhaltes und die Streifen der Membran beobachtet hat, ihre Verschiedenheit mit Bezug auf die Grösseverhältnisse, die Anordnung und die Richtung kennt.

Rücksichtlich der thatsächlichen Beobachtungen stellt sich Schacht (Beiträge zur Anat. und Physiol. der Gewächse 1854 p. 221) auf Seite Agardh's, indem er an-giebt, dass in vielen Fällen die Membranschichten durch chemische und mechanische Mittel sich zerfasern lassen. Er bestreitet aber, dass dieselben desswegen aus Fasern beständen, behauptet vielmehr, dass die faserähnlichen Streifen nichts anderes als verdickte Stellen der Membranschichten seien, wenn ich anders den Sinn richtig auf-fasse; denn im Verlaufe der Abhandlung wird dann die

Verdickung mit Verdichtung und schliesslich selbst die ungleiche Verdichtung der verschiedenen Membranstellen mit der in verschiedenen Richtungen ungleichen optischen Dichtigkeit, welche die Polarisationserscheinungen bewirkt, vermengt.

Wigand (Ueber die feinste Structur der vegetabilischen Zellenmembranen, in den Schriften der Gesellschaft zur Beförderung der gesammten Naturwissenschaften zu Marburg 1856) folgte im Allgemeinen der Darstellung Mohl's. Ueberdem hält er dafür, dass die sich kreuzenden Streifen verschiedenen Membranschichten angehören und leitet die Streifung in den einen Fällen von einer Faltung oder wellenförmigen Biegung der Membran, in den anderen Fällen von einer chemischen Differenz des Zellstoffes ab.

Ich habe mich veranlasst gesehen, das Resultat meiner eigenen Untersuchungen bereits bei einer früheren Gelegenheit kurz darzulegen. Hier will ich, einlässlicher darauf eingehend, zunächst einige allgemeine Fragen behandeln und dann das Verhalten der verschiedenen Zellenformen erörtern.

Die erste und wichtigste Frage ist die, wodurch das feingestreifte Aussehen der Membranen veranlasst werde. Es giebt drei mögliche Ursachen, die auch alle bereits in Anspruch genommen wurden: 1) wellenförmige Biegung, 2) ungleiche Dicke, 3) ungleiche Substanz der Schichten. Vorerst sind natürlich alle diejenigen Fälle auszuschliessen, wo ein gefasertes Aussehen durch zarte Falten bewirkt wird, welche sich in Folge der mechanischen Behandlung (Zerren mit Nadeln etc.) an den dünnen Membranen bilden. Es ist das Verdienst Mohl's in diesem Umstande eine Quelle des Irrthums nachgewiesen zu haben.

Dass auch die wirkliche Streifung ganz oder zum Theil auf einer wellenförmigen Biegung beruhe, wurde von Wigand für *Conferva Melagonium*, *Polysiphonia com-*

planata, Halurus equisetifolius und für Bastzellen angenommen. Es scheint mir aber, dass er in dieser Beziehung nicht genau genug beobachtet und nicht scharf genug unterschieden habe.

Wellenförmige Biegung oder Fältelung lässt sich nämlich an sehr vielen Zellen beobachten; und sie kann als gewöhnliche Erscheinung betrachtet werden an weichen gallertartigen Membranen (Algen), welche getrocknet waren und wieder aufgeweicht werden oder die in Weingeist und andern Mitteln aufbewahrt wurden, sowie an festern Membranen (Bastzellen, Holzfasern), welche durch ein quellendes Medium aufgelockert werden. Da die Menge der abgegebenen oder aufgenommenen Imbibitionsflüssigkeit nicht in allen Schichten die nämliche ist, so erfolgt natürlich eine Fältelung einzelner Schichten oder Schichtencomplexe. Man kann dieselbe bald auf dem Querschnitt, bald auf dem Längsschnitt, bald auch auf beiden sehen.

Eine gleiche Fältelung sieht man zuweilen auch an Präparaten, die frisch von einem lebenden Pflanzentheile angefertigt werden (z. B. an den Epidermiszellen von Blättern). Ich lasse es unentschieden, ob diese Erscheinung wirklich der lebenden Zelle angehöre und eine Folge ungleichen Wachstums der verschiedenen Membrantheile sei, oder ob sie erst durch die Präparation hervorgebracht werde. Letzteres wäre insofern möglich, als, wie ich an einem andern Ort gezeigt habe, lebende Zellmembranen, welche durchschnitten werden, eine beträchtliche Menge von Imbibitionsflüssigkeit aufnehmen.

Alle diese Fältelungen erscheinen, wenn man die Membran von der Fläche betrachtet, als parallele Streifungen. Neben diesen Faltungstreifen kommen aber noch andere vor, die ich wegen ihrer später zu erörternden Natur als Dichtigkeitsstreifen bezeichnen will. Die Faltungstreifen sind im Allgemeinen breiter ($1\frac{1}{2}$ —5mal so breit), stärker

und viel unregelmässiger als die Dichtigkeitsstreifen, welche letztere sich durch ihre Zartheit und Gleichmässigkeit auszeichnen. Oft werden die letzteren durch die erstern ganz verdeckt oder undeutlich gemacht, so dass man sie nur bei längerem und genauem Zusehen erkennt. Dass beide aber von einander unabhängige und selbstständige Bildungen sind, ergibt sich klar aus dem Umstande, dass man sie sowohl auf der Flächen- als auf der Durchschnichtsansicht neben einander sieht, und dass die Dichtigkeitsstreifen gerade da am deutlichsten sind, wo die Faltungstreifen durchaus mangeln¹⁾).

Nachdem die Dichtigkeitsstreifen als eine Eigenthümlichkeit der ungefalteten Membranschicht nachgewiesen sind, handelt es sich ferner um die Frage, welchem Umstande

1) Bei Untersuchungen über die Streifung der Zellwände giebt es noch andere Erscheinungen, welche den Beobachter zu täuschen suchen, die aber bei einiger Aufmerksamkeit leicht erkannt werden. Auf den Durchschnitten erscheinen einmal gewöhnlich Streifen, die von der ausgezackten Messerklinge herrühren. Sie sind oft sehr deutlich, bald in gleichen, bald in ungleichen Abständen abwechselnd hell und dunkel. Sie geben sich leicht dadurch zu erkennen, dass sie über den ganzen Schnitt parallel verlaufen.

Auf Durchschnitten durch hornartige Gewebe bilden sich ausserdem zarte Risse. Dieselben sind streifenartig, abwechselnd hell und dunkel, etwas hin und hergebogen, oft verzweigt. Sie werden durch die Messerstreifen unterbrochen und bilden mit diesen spitze Winkel. Eine mit solchen Rissen besetzte Fläche des hornartigen Albumens erscheint oft wie wellig-gestreiftes Papier.

Die eigentlichen Messerstreifen und die Rissstreifen werden um so eher vermieden, je besser das Messer polirt ist. Beide unterscheiden sich, ausser ihrer constanten Richtung, namentlich auch dadurch, dass sie sich nur an der Oberfläche des nicht zu dünnen Schnittes befinden, während die eigentlichen, durch die innere Structur bewirkten Streifen sich durch die ganze Dicke des Schnittes verfolgen lassen und in ihrer Richtung von der Membranfläche abhängig sind.

dieselben ihre Sichtbarkeit verdanken. Es wurden verschiedene Ursachen, jedoch ohne weitere Begründung, als erklärende Hypothese angenommen, bald eine ungleichförmige Anordnung der Molecüle, bald eine chemische Verschiedenheit, bald eine ungleichmässige Verdickung nach Art der Spiralfaserzellen, bald eine wirkliche Zusammensetzung aus Fasern. Diese Möglichkeiten gehören zwei Kategorien an: entweder wechseln in der Membranschicht bei gleicher Dicke Substanzen von ungleichem Lichtbrechungsvermögen, oder bei gleichem Lichtbrechungsvermögen der Substanz Stellen von ungleicher Mächtigkeit; es können auch beide Verhältnisse zusammenwirken.

Die Entscheidung dieser Frage durch direkte Beobachtung stösst bei der ausserordentlichen Zartheit der Streifen auf unüberwindliche Schwierigkeiten. Doch giebt es, wie mir scheint, einige Thatsachen und einige Berücksichtigungen, welche eine Beantwortung mit ziemlicher Wahrscheinlichkeit erlauben. Zuerst bemerke ich, dass, wie schon von verschiedenen Beobachtern hervorgehoben wurde, die Streifen nicht etwa bloss an der Oberfläche der Membran, sondern in deren ganzer Dicke vorkommen, ferner dass, wie ich später zeigen werde, dieselben in den verschiedenen Lamellen einer Wandung sich genau entsprechen. Wenn nun die Streifen Folge ungleicher Verdickung wären, so müssten, weil die verdickten Stellen einerseits, die verdünnten anderseits auf einander treffen, leere Lücken zwischen den Membranschichten sich finden. Diese Lücken wären im befeuchteten Zustande mit Flüssigkeit, im trockenen mit Luft gefüllt, und es müssten daher im letzteren die Streifen viel deutlicher hervortreten; denn in der trockenen Membran würden sie durch den Gegensatz von Substanz und Luft, in der befeuchteten durch den Gegensatz von Substanz (die überdem mit Wasser imbibirt ist) und Wasser sichtbar. Es ist nun aber gerade das Umgekehrte der Fall; beim Ein-

trocknen verschwinden die Dichtigkeitsstreifen mehr oder weniger, während die Faltungstreifen in der Regel deutlicher werden. — Abgesehen hievon trifft die Annahme eines solchen inneren Baues der Membran noch auf mehrfache Schwierigkeiten bei der Erklärung der Erscheinungen, welche das Aufquellen, das Austrocknen und das Wachsthum der Membran darbieten. Ich kann auf diese Erörterungen hier nicht eintreten, und bemerke nur, dass in allen diesen Beziehungen die Membranen sich ganz analog den Stärkekörnern verhalten.

Wir werden demnach auf die andere Erklärung geführt, dass nämlich die Streifung durch Substanzen von ungleichem Lichtbrechungsvermögen hervorgebracht werde. Es kann sich hier offenbar weder bloss um eine verschiedene Anordnung der Molecüle, noch um chemische Verschiedenheit handeln, sondern lediglich oder vorzugsweise um verschiedene Dichtigkeit, d. h. um verschiedene Mengen des eingelagerten Wassers, denn nur dadurch sind die bedeutenden optischen Differenzen erklärbar. Somit ergibt sich eine genaue Analogie zwischen Streifung und Schichtung; wie die Schichten einer Membran im befeuchteten Zustande alternirend dicht und weich sind, so bestehen die Streifen einer Schicht abwechselnd aus wasserarmer und wasserreicher Substanz. In der That verhält sich die Streifung in verschiedener Beziehung wie die Schichtung. Wie diese beim Eintrocknen ganz oder grösstentheils verschwindet, so wird auch jene in der Regel viel undeutlicher; dass sie oft in geringem Grade sichtbar bleibt, wird gerade durch die Vertheilung des Wassers in der frischen Membran bedingt, wie ich später zeigen werde. Wie die Schichtung, so wird an festen Membranen auch die Streifung erst durch quellende Mittel bemerkbar. Wie endlich die Schichten an stark aufquellenden Membranen wieder unsichtbar werden, so verschwinden auch die Streifen.

Rücksichtlich der Anordnung der Streifen ist zuerst festzustellen, dass sie in allen Lamellen einer Membran einander entsprechen. Wenn sie daher auf Durchschnitten der Zellwandung sichtbar sind, so stellen sie sich ebenfalls als ununterbrochene Streifen von alternierend dichter und weicher Substanz dar. Der dichte Streifen des Durchschnittees wird durch wasserärmere Stellen aller Schichten, der weiche Streifen durch wasserreichere Stellen gebildet. Ist die Structur besonders deutlich und unterscheidet man an den einzelnen Schichten der durchschnittenen Membran die alternirenden Stellen von ungleichem Wassergehalt als helle und dunkle Punkte, so erkennt man auch direkt, dass in zwei benachbarten Schichten einerseits die hellen Punkte, andererseits die dunkeln opponirt sind. -- Die Streifen, welche der Durchschnitt der Zellmembranen zeigt, sind übrigens meistens gerade, zuweilen jedoch gebogen; es hängt diess mit dem Verlauf und der Verdickung der Schichten zusammen.

Eine schon mehrfach behandelte Frage ist ferner die, ob die Streifen in der nämlichen Schicht nur nach einer Richtung verlaufen, oder ob sie nach zwei Richtungen streichend sich kreuzen. Gewöhnlich fiel die Antwort in ersterem Sinne aus, und es wurde angenommen, dass die Kreuzung durch die in den successiven Lamellen mit ungleicher Neigung aufsteigenden Fasern bewirkt werde. Die Beobachtung ist hier ausserordentlich schwierig, so dass z. B. Mohl nach sorgfältiger Untersuchung eine bestimmte Ansicht nicht auszusprechen im Stande ist. Nach Andern wäre freilich die Sache leicht zu entscheiden. So sagt Schacht (Beiträge zur Anat. und Physiol. d. G. p. 228), alle die von ihm aufgeführten Bastzellen lassen sich nach der Maceration mit chlorsaurem Kali und Salpetersäure mehr oder minder leicht in ihre einzelnen Verdickungsschichten zerlegen, und jede Schicht lasse sich alsdann,

aber immer nur in einer Richtung zerfasern; er fügt bei, dass er unter Oelsüss Präparate der Bastzellen von *Vinca minor* und von *Asclepias curassavica* bewahre, wo er jede Schicht für sich abgelöst habe und wo jede derselben ihre eigene einfache Streifungsrichtung zeige. Auch Wigand will an einem Membranstück von *Conferva Melagonium*, welches sich in der Weise geblättert hatte, dass am Rande drei Schichten, die eine über die andere, hervorragten, in der obersten dieser Schichten bloss Querstreifung, in der folgenden bloss Längsstreifung und in der untersten gar keine Streifung gefunden haben.

Mit Rücksicht auf die beiden eben erwähnten Angaben muss ich vorerst bezweifeln, dass Schacht und Wigand wirklich einfache Schichten beobachteten. Es ist ungemein schwer, von einer Membran so äusserst dünne Lamellen abzublättern, und gelingt es ausnahmsweise, so ist daran platterdings nichts mehr zu sehen. Diess ist auch bereits von Mohl angegeben worden. Daher möchte ich vermuthen, dass die genannten Beobachter Schichtencomplexe vor sich hatten, — und in diesem Falle würde ihre Aussage nichts beweisen. Es ist nämlich, wie ich später zeigen werde, eine häufige Erscheinung, dass, von der Membranfläche angesehen, die Streifen in verschiedenen Schichtencomplexen einen ungleichen Verlauf haben. So sieht man namentlich an Bastzellen oft, dass die Streifen in der äussern Hälfte der Membran eine linkswendige, in der innern Hälfte eine rechtswendige Spirale beschreiben, oder umgekehrt; und insofern kann man uneigentlich von einer Kreuzung sprechen. Darum handelt es sich aber nicht. Neben diesen stärkern Streifen kommen in den nämlichen Schichtencomplexen noch zärtere vor, welche in entgegengesetzter Richtung verlaufen, und die, wie ich vermüthe, von Schacht übersehen wurden. An einer solchen Bastzelle hat man also aussen z. B. links-

wendige stärkere und rechtswendige schwächere, innen rechtswendige stärkere und linkswendige schwächere Streifen.

Von diesen ungleich verlaufenden, in dem nämlichen Schichtencomplex befindlichen Streifen ist es im höchsten Grade wahrscheinlich, dass sie auch beide in jeder einzelnen Schicht vorkommen. Bald sind sie nämlich gleich stark, und dann behalten beide eine gleiche Stärke, wenn man die Focalebene langsam verändert. Bald sind sie ungleich stark, und dann bleibt das Verhältniss ihrer Deutlichkeit bei Focusveränderungen ebenfalls das nämliche. Würden die ungleich gerichteten Streifen verschiedenen Schichten angehören, so müssten bei unmerklicher Höher- und Tieferstellung des Focus die einen an Schärfe gewinnen, die andern verlieren. — Ueberdem sind in einzelnen Fällen, wo die Streifen besonders breit und deutlich hervortreten, die hellen Quadrate, Rechtecke oder Rhomben, welche durch die sich kreuzenden Streifen bewirkt werden, auf allen vier Seiten so scharf gezeichnet und gleich stark conturirt, dass man die Ursache der ungleichen Lichtbrechung in der nämlichen Schicht zu suchen geneigt ist. Die Streifung ist nämlich, wie besonders auch die Durchschnitte der Membranen zeigen, oft nur an den dichten Schichten sichtbar; die weichen können in diesem Falle wegen ihrer geringen Substanzverschiedenheit ganz vernachlässigt werden. Wenn nun in einer Schicht bloss Streifen nach einer Richtung vorkämen, so müsste das parketähnliche Aussehen der Membranfläche durch Kreuzung in den successiven dichten Schichten erzeugt werden, und könnte demnach, da die einen Linien von dem Durchscheinen einer zuweilen merklich tieferliegenden Schicht herrührten, kaum die gleichmässige Schärfe zeigen, wie es wirklich der Fall ist.

Ein möglichst dünner Complex von Schichten zeigt also, von der Fläche betrachtet, folgende Structur, und ohne Zweifel gilt diess auch für jede einzelne der dichten

Schichten (Fig. 3—7). Nach irgend einer Richtung streicht ein System von dichtgedrängten parallelen Streifen, welche abwechselnd aus dichter und weicher Substanz bestehen und daher abwechselnd hell und dunkel erscheinen. Damit kreuzt sich unter einem rechten oder schiefen Winkel ein zweites System von ähnlichen Streifen. Jedes dieser beiden Streifensysteme umfasst die ganze Substanzmasse des Schichtencomplexes. Dieses ist daher parketartig gefeldert mit quadratisch-rechteckigen (Fig. 3—5) oder mit rhombischen Feldern (Fig. 6, 7). Wenn die beiden sich kreuzenden Streifensysteme einander ganz gleich sind, so zeigen die Felderchen ein dreifach verschiedenes Aussehen; sie bestehen nämlich aus dichter, weicher und mittlerer Substanz, je nachdem sie der Kreuzungsstelle zweier dichter, zweier weicher oder eines dichten und eines weichen Streifens entsprechen (Fig. 3, 6, 7; d , und d'' , die dichten, w , und w'' , die weichen Streifen). Es besteht also ein Streifen nicht aus einer homogenen Masse, sondern aus kleinen aneinander gereihten Felderchen, die alternirend ungleich dicht sind. In dem dichten Streifen wechseln dichte und mittlere, in dem weichen Streifen weiche und mittlere Areolen.

Zeigen die beiden sich kreuzenden Streifensysteme nicht die nämlichen Dichtigkeitsverschiedenheiten, so besteht die Membranschicht aus 4 verschiedenen Arten von Felderchen. Die dichten Streifen des einen Systems bestehen aus dichten und halbdichten, die weichen Streifen aus weichen und halbweichen Areolen, und dem entsprechend die dichten Streifen des andern Systems aus dichten und halbweichen, die weichen Streifen aus halbdichten und weichen Areolen (Fig. 4). Daraus folgt, dass das erste System (d , und w ,) als das stärkere erscheint und deutlicher gesehen wird, das das zweite (d'' , und w'' ,) schwächer ist und bis zum Verschwinden zurücktreten kann. Die beiden Streifensysteme sind aber auch von ungleicher Deutlichkeit, wenn sie bei

gleichen Dichtigkeitsverschiedenheiten aus ungleich breiten Streifen bestehen (Fig. 5).

Wenn die Areolen einer Fläche nach zwei Richtungen in Reihen geordnet sind, so müssen auch noch in andern Richtungen Reihen, aber undeutlicher, sichtbar werden. Kreuzen sich die primären Reihen unter einem rechten Winkel, so giebt es zwei gleiche Systeme von secundären Reihen, die bezüglich jener eine symmetrische Lage haben. Wenn die primären Reihen sich dagegen unter schiefen Winkeln schneiden, so sind die beiden secundären Reihen ungleich; diejenigen, welche den stumpfen Winkel der primären Streifen theilen (Fig. 6 und 7, s—s, t—t), sind immer deutlicher als diejenigen, welche in den spitzen Winkel derselben fallen. Wenn die primären Reihen einen sehr spitzen und einen sehr stumpfen Winkel bilden, so treten diejenigen secundären Reihen, welche dem letztern angehören, selbst mehr hervor als die beiden primären Reihen.

Diese theoretische Forderung wird durch die Beobachtung vollkommen bestätigt. Wo eine Membranfläche zwei sehr deutliche sich kreuzende Streifensysteme zeigt, so gelingt es in der Regel, auch ein drittes oder viertes System von Streifen wahrzunehmen. Ich habe es namentlich bei verschiedenen Algenzellen gesehen. Die drei oder vier Streifensysteme haben anscheinend den gleichen Charakter, nur dass sie in der Deutlichkeit von einander abweichen. Es lässt sich deshalb nicht immer entscheiden, welches die primären und welches die secundären Systeme seien.

Das Vorhandensein von drei oder vier sich schneidenden Streifensystemen auf einer Membranfläche ist von der grössten Wichtigkeit; denn es liefert so zu sagen den mathematischen Beweis für die Theorie von der Natur der Streifung, wie ich sie entwickelt habe. Es lassen sich nämlich,

da die Winkel zwischen den Streifen oft sehr genau gemessen werden können, die relativen Abstände in jedem System berechnen. Die so berechnete Breite der verschiedenen Streifen stimmt genau mit der wirklichen überein. Diese Uebereinstimmung macht es aber unmöglich, dass die Streifensysteme in verschiedenen Membranschichten liegen, und fordert eine areolirte Zeichnung der einzelnen Schicht. Ich verweise hierüber auf die später folgenden Untersuchungen an Algenzellen.

An den mit drei oder vier Streifensystemen gezeichneten Membranen lässt sich noch eine andere Wahrnehmung machen, welche ebenfalls mit aller Schärfe den Beweis dafür liefert, dass dieselben der gleichen Schicht angehören. Es kommt nämlich öfter vor, dass das eine System höher zu liegen scheint als die anderen; ebenso ist es häufig der Fall, dass bei einer gewissen Stellung des Spiegels nur das eine System deutlich gesehen wird oder stärker hervortritt als die übrigen. Diese Beobachtungen, aus denen man den Schluss gezogen hat, dass die in verschiedenen Richtungen verlaufenden Streifen nicht derselben Ebene angehören, beruhen auf optischer Täuschung. Dreht man nämlich das Mikroskop um seine vertikale Axe, so fallen andere Systeme mehr in die Augen; und was die Niveauverschiedenheiten betrifft, so kann man sicher sein, dass das höhere System nach einer halben Umdrehung in gleichem Verhältniss tiefer zu liegen scheint als die andern, während eine mittlere Stellung es in gleicher Höhe mit denselben zeigt. Diese ungleichen Bilder sind eine Folge der schiefdurchgehenden Lichtstrahlen, die nicht rings um die Axe gleichmässig vertheilt sind und daher bald das eine, bald das andere Streifensystem deutlicher hervortreten lassen. Dass man aber, ohne die Focaleinstellung zu ändern, beliebig dem einen oder dem andern eine scheinbar höhere Lage geben

kann, beweist gerade, dass sie in der gleichen Ebene sich befinden²⁾.

Auf Durchschnitten durch die Zellmembran sieht man zuweilen ebenfalls zwei Streifensysteme, die sich kreuzen, und welche in einzelnen Fällen ein ganz ähnliches Aussehen darbieten, wie die gefelderte Zeichnung der Membranfläche. Das eine der beiden Systeme wird nun aber durch die Schichten der Zellwand dargestellt. Die dichten Schichten erscheinen als eine Reihe von getrennten dichten Punkten, d. h. als eine Reihe von abwechselnd dichtern und weichern Areolen, ganz wie ein dichter Streifen der Flächenansicht. — Der Querschnitt stimmt auch darin mit der Membranfläche überein, dass ausser den primären zuweilen noch secundäre Streifen sichtbar werden. Diess ist namentlich dann der Fall, wenn die primäre Streifung die Schichtung nicht unter einem rechten Winkel, sondern schiefwinklig durchsetzt.

Eine Membran lässt sich also in 3 Richtungen in Lamellen zerlegen, die alternierend aus wasserreicherer und wasserärmerer Substanz bestehen, und die sich in ähnlicher Weise wie die Blätterdurchgänge eines Crystals kreuzen. Die Lamellen der einen Richtung sind die Schichten, die der beiden andern die zwei Streifensysteme. Die letztern können sich fast unter jedem Winkel schneiden; beide stehen auf den Schichtenlamellen, wie es scheint, in den meisten Fällen rechtwinklig.

Rücksichtlich der Neigungen der drei Lamellensysteme zu einander giebt es folgende drei mögliche und auch

2) Ganz ebenso verhält es sich mit den Streifensystemen der *Navicula*, von denen auch Schacht (Beiträge p. 268) sagt, dass sie in verschiedenen Schichten liegen. Man kann beim Drehen des Mikroskops abwechselnd jedes der drei Systeme als das höhere sehen.

wirklich vorkommende Fälle, wenn man ein kleines Membranstück, in welchem die Schichten als eben betrachtet werden können, berücksichtigt. 1) Die Schichtung und die beiden Streifungen schneiden sich unter rechten Winkeln; ihre Normalen verhalten sich wie die Crystallaxen im quadratischen und orthorhombischen System. 2) Die Schichtung kreuzt die beiden Streifungen rechtwinklig, indess diese sich schiefwinklig schneiden, oder es kann auch die Schichtung zu einer der beiden Streifungen schiefwinklig geneigt sein, indess die andere Streifung sich rechtwinklig ansetzt; die Normalen verhalten sich wie die Crystallaxen im klinorhombischen System. 3) Die Schichtung und die beiden Streifungen schneiden sich unter schiefen Winkeln; ihre Normalen haben die Lage der Crystallaxen im klinorhomboidischen System.

Fig. 8 giebt eine schematische Darstellung dieser Verhältnisse an einem kleinen würfelförmigen Stück, das in Gedanken aus einer Zellmembran herausgeschnitten wurde. Die drei Lamellensysteme kreuzen sich unter rechten Winkeln. Sie wurden ferner rücksichtlich der Dimensionen und Dichtigkeitsverschiedenheiten einander gleichgesetzt. Unter dieser Voraussetzung giebt es Areolen von vier Dichtigkeitsgraden, je nachdem sich drei weiche Lamellen, oder zwei weiche und eine dichte, oder eine weiche und zwei dichte, oder endlich drei dichte kreuzen. In der Zeichnung sind die weichsten weiss gelassen; die dichtesten sind mit dreifacher Schraffirung versehen; die zwei mittleren Grade sind mit einfachem und mit doppeltem Liniensystem gezeichnet.

Unter dieser Voraussetzung sind die drei Lamellensysteme gleich deutlich. Sie werden ungleich deutlich, wenn ihre Grössenverhältnisse oder ihre Dichtigkeitsverschiedenheiten ungleich sind. Stimmen zwei Lamellensysteme rücksichtlich der Dichtigkeitsverhältnisse überein, indess das

dritte abweicht, so hat man sechs, wenn alle drei Lamellensysteme von einander abweichen, 8 verschiedene Dichtigkeitsgrade für die Areolen.

Ich habe bereits oben gesagt, dass beim Eintrocknen die Streifung mehr oder weniger verloren geht. Nach der eben stattgehabten Erörterung der innern Structur ist es begreiflich, dass trocknende Membranen sich sehr ungleich verhalten können. In einem Falle verschwindet die Zeichnung vollständig, nämlich dann, wenn in dem einen der zwei Lamellensysteme, welche unter dem Mikroskop sich in senkrechter Lage befinden, die Dichtigkeitsverschiedenheiten gegenüber dem andern System unbemerklich sind, so dass man also im feuchten Zustande nur das letztere deutlich sieht. Diess beobachtet man nicht sehr selten auf Durchschnitten, welche befeuchtet nur die Schichtung zeigen und trocken homogen erscheinen. Solche Membranen verhalten sich wie die Stärkekörner. Wenn dagegen in den beiden senkrecht vor dem Beobachter stehenden Lamellensystemen Substanzen von beträchtlich verschiedener Dichtigkeit wechseln, so bleibt die Zeichnung auch bei vollständiger Wasserentziehung noch sichtbar, obgleich sie undeutlicher wird. Die dichten Lamellen, welche sich kreuzen und gleichsam ein Gebälke darstellen, halten einander gegenseitig und springen daher rippenartig an der Oberfläche vor. Beispiele hiefür giebt sowohl die Flächenansicht der Membranen, wo die beiden Streifensysteme, als Durchschnitte, wo die Schichtung und das eine Streifensystem zuweilen auch im trockenen Zustande noch bemerkbar sind.

Die Schichtung und die beiden Streifensysteme sind rücksichtlich ihrer Mächtigkeit und Deutlichkeit ausserordentlich verschieden. Es giebt weiche Membranen, welche mit Wasser befeuchtet die innere Structur sehr schön hervortreten lassen. Andere dagegen zeigen dieselbe erst, nachdem sie eine mechanische oder chemische Einwirkung er-

fahren haben; zuweilen reicht einfaches Quetschen aus; häufig bedarf es der Auflockerung durch Quellungsmittel (Schwefelsäure, Aetzkali, Salpetersäure mit chlorsaurem Kali etc.). — Streifen und Schichten bewegen sich, sobald sie sichtbar geworden, innerhalb der nämlichen absoluten Grössenverhältnisse. Es gehen 10 Streifen (eigentlich Streifenpaare, jedes aus einem dichten und einem weichen Streifen bestehend) auf 8 — 30 Mik., so dass also jedem einzelnen eine Dicke von 0,8 — 1,5 Mik. zukommt. Diese Ausdehnung haben sie aber bei vielen Membranen erst durch beträchtliches Aufquellen erhalten. Aus der Zunahme beim Aufquellen lässt sich in einzelnen Fällen berechnen, dass in der unveränderten Membran 10 Schichten oder Streifen nicht mehr als 0,14 und 0,12 Mik. einnehmen. (Beispiele geben Bastzellen und aufquellende Epidermiszellen von Samen und Früchten.)

Es giebt auch Membranen und Membranthteile, an denen auf keine Weise eine innere Structur sichtbar gemacht werden kann. Schon Valentin hat die Zellen und Gefässe mit treppenförmig- und porös-verdickten Wandungen als solche bezeichnet, an denen die Spiralstreifen schwierig wahrzunehmen seien, und Mohl konnte sie an vielen Parenchymzellen nicht nachweisen. Wie mir scheint, liegt der Grund davon in zwei Verhältnissen, in der Dicke der Wandung und in dem Verlauf der Schichten. Nur wenn der Schichtencomplex eine gewisse Mächtigkeit hat, sieht man die Streifung deutlich. Desswegen mangelt sie an allen jungen Zellen und an dünnwandigem Parenchym. Die Streifung ist ferner um so deutlicher, je mehr die Schichten unter einander parallel und je ebener sie sind. Dieser regelmässige Schichtenverlauf findet aber die grössten Störungen an Zellen mit zahlreichen Poren, so wie an solchen mit Ring-, Spiral- und Netzfasern.

Von den bisherigen Beobachtern wurde ferner vorzüglich

die Frage erörtert, ob auch die äusserste Schicht der Zellwand (sog. primäre Membran) gestreift sei, und diess gewöhnlich verneint. Nach Schacht soll auch die innerste Membranschicht ungestreift sein. Ich muss in beiden Beziehungen eine andere Meinung verfechten. Allerdings sieht man diese Schichten, wenn man sie von der Fläche betrachtet, ohne Zeichnung; auch die Durchschnichtsansicht zeigt sich meistens homogen, was ich in manchen Fällen ihrer beträchtlichen Dichtigkeit zuschreibe. In andern Fällen dagegen erscheinen sie auf dem Durchschnitte sehr deutlich gestreift. An dickwandigen Parenchymzellen besteht dann die innerste, auch wohl die mittlere Schicht der Wandung zwischen zwei Zellen abwechselnd aus dichten und weichen Areolen, und an dünnwandigem Parenchym löst sich die ganze durchschnittene Wand in eine Reihe von Knötchen auf.

Schichtung und Streifung sind nicht nur an verschiedenen Membranen und Membrantheilen sehr ungleich; sie bieten auch, wenn wir sie in dem nämlichen Membrantheil mit einander vergleichen, höchst mannigfaltige Verhältnisse dar. Was zuerst die beiden Streifensysteme betrifft, so sind dieselben zuweilen von gleicher Stärke; es scheint diess namentlich dann vorzukommen, wenn sie mit der Zellenaxe gleiche Winkel bilden. Bei der Spiralstreifung, wo die sich kreuzenden Streifen zu der Axe ungleich geneigt sind, beobachtet man in der Regel auch eine mehr oder weniger ungleiche Ausbildung derselben; die einen können selbst bis zur Undeutlichkeit verschwinden, indess die anderen sehr entschieden hervortreten.

Vergleichen wir ferner Streifung und Schichtung mit einander, so giebt es Zellen, an denen beide eine gleiche Entwicklung zeigen, sei es, dass sie beide sehr augenfällig sind, sei es, dass sie sich gleich sehr der Wahrnehmung entziehen. Bei der grossen Mehrzahl der Zellen aber tritt die Schichtung viel deutlicher hervor als die Streifung, und

auf Durchschnitten ist es namentlich die scharfe Zeichnung der Schichten, welche die zarten Streifen leicht übersehen lässt. Doch kommt auch das Umgekehrte vor. Es giebt Zellen, an denen die Streifung sehr deutlich gesehen wird, während die Schichtung entweder nur schwach angedeutet ist, oder auch ganz mangelt. Dieses auffallende Factum findet sich zuweilen an alten Holzzellen, und zwar sowohl bei der Längsansicht derselben als auf Querschnitten.

Für die Anordnung der Streifen kenne ich bis jetzt mit Sicherheit 3 verschiedene Typen: 1) die gerade, 2) die Spiralstreifung und 3) die schiefe Ringstreifung. Bei der geraden Streifung, die man an einfach gebauten Algen beobachtet, läuft das eine Streifensystem mit der Zellenaxe parallel, das andere quer zu derselben. Bei der Spiralstreifung beschreiben beide Systeme Schraubenlinien, gewöhnlich mit entgegengesetzter Wendung und in der Regel schiefwinklig zu einander geneigt. Gerade und spiralige Streifung sind übrigens nicht prinzipiell verschieden, indem sie unmerklich in einander übergehen.

Von diesen beiden Typen ist die schiefe Ringstreifung, die von den bisherigen Beobachtern übersehen wurde, wesentlich verschieden. Sie bildet, wenn wir eine einfache Membranschicht berücksichtigen, schiefe Ringe, welche nach zwei Richtungen geneigt sind und sich somit kreuzen. An dem ganzen Schichtencomplex einer cylindrischen oder prismatischen Zelle stellt der einfache Spiralstreifen eine Wendeltreppe dar, der Ringstreifen dagegen eine in der Mitte durchbrochene, geneigte Scheibe, die genau einem schief geführten Querschnitt entspricht. Alle Streifen des einen Systems bilden einen Satz von solchen schiefen, unter einander parallelen Scheiben, die Streifen des andern Systems einen Satz von ebenfalls schiefen und unter sich parallelen Scheiben, welche aber die des ersten Systems unter einem schiefen Winkel schneiden.

Mohl (Bot. Zeit. 1853 p. 769) giebt an, dass die an der Oberfläche der Frons von *Dictyosphaeria favulosa* freiliegenden Zellmembranen mit zwei Systemen von Streifen besetzt seien, von denen die einen radienförmig vom Centrum der Zellwand zu ihrem Rande verlaufen, während die andern concentrische Kreise um den Mittelpunkt beschreiben. Es scheint mir, dass diese Anordnung keinen neuen Typus begründet, sondern der geraden Streifung beizuzählen ist; denn das freie Ende einer mit Längs- und Querstreifen begabten Zelle muss, wenn es von oben betrachtet wird, die beschriebene radial-concentrische Zeichnung zeigen. — Auch Epidermiszellen von Blättern lassen an der freien Wand zuweilen radiale, vom Centrum ausgehende, starke Streifen wahrnehmen. Ich habe aber die dazu gehörigen concentrischen Linien nicht sehen können.

Bei allen Typen laufen die Streifen des nämlichen Systems unter einander parallel. Geringe Abweichungen von dem strengen Parallelismus kommen indessen nicht selten vor, und bestehen vorzüglich darin, dass ein Streifen sich in zwei theilt, oder, was das Nämliche ist, dass zwei zu einem sich vereinigen. Auf der Flächenansicht ist es im Kleinen die gleiche Erscheinung wie die Verzweigung der Spiralfasern im Grössern. Der Querschnitt der Zellen zeigt an den stärkern Biegungsstellen der Membran, namentlich wenn die letztere eine grössere Mächtigkeit besitzt, mehrfache Theilung der Streifen, welche hier natürlich eine radiale Richtung haben. Ein einzelner derselben kann sich von innen nach aussen je nach Umständen in 2, 3, 4 und mehrere spalten. Die Streifen erinnern dann rücksichtlich ihrer Lage und Anordnung an die verzweigten Porenkanäle dickwandiger Zellen, für welche sie auch irrthümlicher Weise gehalten wurden; nur sind sie viel feiner und gedrängter. Dadurch wird erreicht, dass an dem äussern und an dem innern Rand der Zellmembran

durchschnittlich gleich viel Streifen auf die Längeneinheit kommen.

Wie die verästelten Spiralfasern, wenn die Verästelung häufiger eintritt, in Netzfasern übergehen, so scheinen auch die zwei sich kreuzenden Systeme paralleler Streifen in der Flächenansicht der Membran in manchen Fällen durch ein Netz ersetzt zu werden. Die Streifung nimmt dann das an den netzförmigen Gefässen bekannte Aussehen an. Die verlängerten rhombischen Maschen erinnern an zwei Systeme von Linien, die sich unter einem kleinen Winkel kreuzen. Die Zeichnung ist aber so zart und undeutlich, dass ich nicht zu entscheiden wage, ob sie bloss durch einen unregelmässigen Verlauf der sich kreuzenden Spiral- und Ringstreifung hervorgebracht werde, oder ob es ein eigener Typus mit wirklicher netzförmiger Vereinigung der Streifen sei.

Die Streifung kann an einer Zelle überall den gleichen Charakter zeigen; sie kann aber auch in bestimmten Regionen einen andern Charakter annehmen. So kommt es namentlich an Bastzellen vor, dass in bestimmten Intervallen schiefe Ringstreifung und Spiralstreifung mit einander alterniren. — Selbst in den verschiedenen Schichtencomplexen, welche in dickwandigen Zellen übereinander liegend die ganze Wanddicke bilden, beobachtet man nicht selten eine mehr oder minder bedeutende Aenderung in der Richtung und Anordnung der Streifen. Bei Holz- und Bastzellen sind häufig die stärkern oder allein sichtbaren Streifen in der äussern Hälfte der Membran anderswendig als in der innern. Es können selbst die gleichwendigen Streifen in verschiedener Tiefe eine ungleiche Neigung zur Zellenaxe zeigen. Zuweilen besitzen auch die äussersten Schichten netzförmige, die übrigen Spiralstreifung.

Mit Rücksicht auf die Entwicklungsgeschichte der Streifungen ist kaum etwas Sicheres bekannt. Sie scheint indess interessante Ergebnisse zu versprechen. Einige That-

sachen deuten darauf hin, dass in dem nämlichen Schichtencomplex der Charakter der Streifung sich verändern kann, dass namentlich die Spiralstreifung verschwinden und durch schiefe Ringstreifung ersetzt werden kann. Denn es kommt vor, dass an jüngern Bastzellen undeutliche Spiral-, an älteren aber undeutliche Ringstreifen gesehen werden. Es würde also in verschiedenen Perioden das Wachsthum mit Rücksicht auf die Einlagerungen in ungleichen Richtungsverhältnissen thätig sein. Andeutungen dieses verschiedenartigen Wachsthums dürften sich in solchen ausgebildeten Bastzellen finden, welche je nach der Einwirkung des Quellungsmittels die eine oder andere Streifung (spiralige oder ringförmige) hervortreten lassen. Dagegen ist es mir bis jetzt nicht gelungen, an dem nämlichen Schichtencomplex gleichzeitig die beiden Streifungen zu sehen.

Es liess sich erwarten, dass die Configuration der Oberfläche in gewisser Beziehung zu dem innern Bau der Membran stehe, dass also die durch ungleiche Verdickung derselben erzeugten Fasern und Poren von dem Verlaufe der Streifen bedingt werden. Am schönsten sieht man diess an den Spiralfasern der Holzzellen und an den Poren der Bast- und Holzzellen. Der Querschnitt zeigt zuweilen, dass jedem dichten Streifen ein schwacher Vorsprung auf der innern Fläche entspricht; zuweilen trifft auf je den 4. bis 7. Streifen eine stärkere Verdickung. Uebereinstimmend mit der letztern Beobachtung sieht man auf der Flächenansicht zwischen je zwei Spiralfasern 3 bis 6 damit parallel laufende dichte Streifen. Für diese Fälle ist es sicher, dass die feine Spiralfaser einem Spiralstreifen entspricht. Stärkere Spiralfasern scheinen mehreren (2—4) Spiralstreifen zu entsprechen.

Wenn die Poren, von der Membranfläche angesehen, elliptisch oder linear verlängert sind, so stimmt dieser Längsdurchmesser genau mit der Richtung der stärkern

Spiralstreifung überein. Ich habe sogar an Bastzellen beobachtet, dass die Richtung des Porus in den verschiedenen Membranschichten mit den Streifen sich ändert, dass derselbe z. B. in der äussern Hälfte der Zellmembran einer links-, in der innern Hälfte einer rechtsgewundenen Schraubenlinie folgt. In solchen Fällen ist also der flachgedrückte Porenkanal, wenn wir ihn von der innern bis zur äussern Grenze der Membran verfolgen, wie eine Wendeltreppe gedreht.

In der gegenwärtigen Abhandlung habe ich die Zeichnung auf den Zellen der Diatomeen nicht berücksichtigt. Obgleich dieselbe eine grosse Analogie mit der gekreuzten Streifung der übrigen Pflanzenzellmembranen hat, so scheinen mir doch einige Verschiedenheiten es rathsam zu machen, die beiden Erscheinungen vorerst nicht mit einander zu vermengen.

Ich bin auch nicht auf das Problem eingetreten, ob die Membran aus Primitivfasern zusammengesetzt sei oder nicht. Offenbar hat diese formelle Frage, welche mit Unrecht die Erforschung der factischen Verhältnisse in den Hintergrund drängte, bei den Beobachtern um so mehr an Werth verloren, je mehr dieselben sich mit dem wirklichen Bau der Membran beschäftigten. Sie muss gänzlich obsolet werden, sowie das Wesen der Streifen richtig erkannt ist. Es zeigt sich dabei, dass denselben von den Einen ein zu grosses, von den Andern ein zu geringes Maass der Selbständigkeit eingeräumt wurde. Der Fehler war, dass nur die dichten Streifen der dichten Schichten berücksichtigt, und die weichen Streifen derselben sammt den weichen Schichten ganz übersehen oder als homogene Bindesubstanz in Anspruch genommen, dass ferner ein anatomisches Verhältniss für den Beweis einer bestimmten Entstehungsweise genommen, und dass demnach die unrichtige Alternative „Membranschicht oder Faser“ gestellt wurde. Der Streifen ist so gut vorhanden und hat ebensoviel und ebensowenig Berechtigung

auf Selbständigkeit als die einzelne Membranschicht; beide sind ein scharf geschiedener Theil der ganzen Zellwand, aber weder der eine noch die andere tritt je selbständig für sich und unabhängig von den andern Schichten und Streifen auf. Ob die dichten Streifen, worauf so viel Gewicht gelegt wurde, durch mechanische oder chemische Mittel isolirt werden können oder nicht, ist eben so gleichgültig, als es für die Existenz der Schichten unerheblich ist, ob sich die dichten Schichten von einander trennen lassen. Beides ist mit grossen praktischen Schwierigkeiten verbunden, gelingt aber ohne Zweifel, wenn man die verbindende weiche Substanz auflösen oder gehörig auflockern kann, ohne die dichten Streifen oder Schichten allzusehr anzugreifen.

Nachdem ich das Verhalten der Streifen im Allgemeinen erörtert habe, will ich die an den einzelnen Zellenformen gemachten Beobachtungen besonders darlegen. Ich beginne mit den Verhältnissen der innern Structur, welche uns die Parenchymzellen darbieten.

1. Zellencryptogamen.

Rücksichtlich des Baues der Membran von Chaetomorpha, welcher von J. Agardh, H. v. Mohl und Wigand untersucht wurde, verweise ich besonders auf die gründliche Darstellung Mohl's. Die Streifung geht parallel der Zellenaxe und rechtwinklig zu derselben. Bei wenig andern Zellen ist deutlicher zu sehen, dass der Streifen nichts anderes als ein Theil der Membranschicht ist, und dass von einem Uebertreten eines dichten Streifens (Primitivfaser) aus einer Schicht in die andere und aus einer Zelle in die andere keine Rede sein kann.

Sehr schön sieht man die Streifung auf der Membranofläche von *Cladophora hospita* Kg. Die Längsstreifen

beschreiben eine linkswendige (südöstliche), die Querstreifen eine entgegengesetzte Spirale. Ich fand z. B. folgende Neigungen

	1	2	3	4
Winkel zwischen den Längsstreifen und der Zellenaxe	13°	16°	17°	27°
Winkel zwischen den Querstreifen und der Zellenaxe	89°	79°	76 $\frac{1}{2}$ °	69°
Winkel zwischen Längs- und Querstreifen	78°	85°	86 $\frac{1}{2}$ °	84°

Ein drittes System von Spiralstreifen wird sowohl bei *Chaetomorpha* als bei *Cladophora* hin und wieder gesehen. Doch ist dasselbe nur stellenweise erkennbar und meistens äusserst zart. — Die Längsstreifen sind etwas stärker und etwas unregelmässiger; zuweilen scheinen sie nicht genau parallel zu sein, sondern ein Geflecht mit sehr verlängerten Maschen zu bilden. Die Querstreifen sind zärter, regelmässiger, genau parallel und gleich weit von einander entfernt. Von jenen gehen 12—13, von diesen 16 auf 25 Mik., so dass also der einzelne Längsstreifen 2 Mik., der Querstreifen 1,56 Mik. breit ist ³⁾).

Die Membran der grossen Zellen, aus denen *Valonia utricularis* *Ag.* besteht, lässt fast überall drei Streifensysteme erkennen. Die stärksten schneiden die Zellenaxe fast rechtwinklig, dieselben sind häufig etwas unregelmässig; die mittlern laufen mit derselben fast parallel; die schwächsten haben eine schiefe Richtung. Nur die Querstreifen konnten sicher gemessen werden; es gehen deren meist 8

3) Wenn ich von der Dicke einer Membranschicht oder von der Breite eines Streifens spreche, so verstehe ich darunter den Abstand zwischen der Mitte zweier dichter oder zweier weicher Lamellen, also eigentlich die Dicke eines Paares bestehend aus einer dichten und der zugehörigen weichen Lamelle.

auf 12 Mik. Die Breite der andern Streifen lässt sich aus dieser Grösse und aus den Winkelmessungen berechnen.

In Fig. 1 geben die Linien A, B und C die Richtungen der drei Streifensysteme. a, b und c sind die senkrechten Abstände zweier benachbarter Streifen der Systeme A, B und C. α ist der Winkel zwischen A und B, β zwischen B und C, γ zwischen A und C. Wenn nun das Stück der Linie B, welches zwischen zwei benachbarten Linien des Systems A (oder C) liegt, gleich 1 gesetzt wird, so sind die drei gesuchten Werthe

$$a = \sin \alpha$$

$$c = \sin \beta$$

$$b = \frac{\sin \alpha \cdot \sin \beta}{\sin \gamma}$$

denn $b = C_1 \sin \beta$, wenn C_1 das Stück der Linie C bezeichnet, welches zwischen zwei benachbarten Linien des Systems B sich befindet, und $C_1 = \frac{a}{\sin \gamma}$ ⁴⁾.

4) Man kann als Einheit auch das Stück der Linie A, welches zwischen zwei benachbarten Linien des Systems B, oder das Stück der Linie C, welches zwischen zwei benachbarten Linien des Systems A liegt, annehmen.

Im erstern Fall hat man die Formeln

$$c = \sin \gamma$$

$$b = \sin \alpha$$

$$a = \frac{\sin \alpha \cdot \sin \gamma}{\sin \beta}$$

im zweiten Falle

$$b = \sin \beta$$

$$a = \sin \gamma$$

$$c = \frac{\sin \beta \cdot \sin \gamma}{\sin \alpha}$$

Es versteht sich, dass das Verhältniss zwischen a, b und c das nämliche bleibt, man mag die Berechnung nach der einen oder andern Formel ausführen.

An drei Zellen wurden folgende Winkelgrößen gefunden; α ist der Winkel zwischen den Quer- und Längsstreifen, β derjenige zwischen den Quer- und den schiefen Streifen, γ zwischen den Längs- und den schiefen Streifen.

	1	2	3
α	83°	80°	78°
β	53°	57°	58°
γ	44°	43°	44°

Daraus wurden nach den obigen Formeln für die Breite der verschiedenen Streifen die relativen Werthe und ferner mittelst derselben aus der gemessenen Breite der Querstreifen die absolute Breite der beiden andern Streifen berechnet; a ist die Breite der Längsstreifen, b der Querstreifen und c der schiefen Streifen.

	1		2		3	
	relative W.	absolute W.	relative W.	absolute W.	relative W.	absolute W.
b	1,1411	1,6 Mik.	1,2110	1,5 Mik.	1,1941	1,6 Mik.
a	0,99255	1,4 —	0,98481	1,2 —	0,97815	1,3 —
c	0,79863	1,1 —	0,83867	1,0 —	0,84805	1,1 —

Ich habe diese Berechnungen nicht angestellt, um die Breite der Streifen an und für sich zu erfahren, sondern um zu prüfen, wie die gefundenen Werthe sich zu der Annahme verhalten, dass die drei Streifensysteme durch die Areolen der nämlichen Schicht dargestellt werden. Das Resultat stimmt genau mit dieser Annahme überein. Die Längsstreifen sind in dem Maasse zarter und gedrängter, als es die berechnete Breite verlangt. Die Deutlichkeit der schiefen Streifen ist noch etwas geringer, als es ihre Dimensionen erfordern, was sich leicht daraus erklärt, dass es secundäre Streifen sind, die bei gleicher Breite weniger in die Augen fallen als die primären. — Es wäre nun gewiss undenkbar, dass die Streifen verschiedenen Schichten angehörten und dabei genau dieselben Verhältnisse der Stärke und Richtung zeigten, wie die sich kreuzenden Areolen einer

Fläche. Ich werde ähnliche Berechnungen noch für Microdictyon und Chamaedoris mittheilen, und bei letzterer auch einen Fall von Valonia anführen, wo 4 Streifen-systeme sichtbar waren.

Die Membran der Zellen von Microdictyon Agardhianum *Dcsne.* zeigt, von der Fläche angesehen, deutliche Längsstreifen. Von andern Streifen sieht man zuweilen nichts, doch giebt sich deren Anwesenheit schon aus dem Umstande kund, dass die Längsstreifen zart gegliedert sind. Manchmal erkennt man zarte Querstreifen und noch zärtere schiefe Streifen, jene mit den Längsstreifen einen Winkel von 80—85°, diese mit den nämlichen einen Winkel von 51—63° bildend. In zwei Fällen wurden folgende Winkel-messungen gemacht, aus denselben die relativen Werthe für die Breite der Streifen berechnet, und aus der gemessenen Breite der Längsstreifen die absolute Breite der beiden andern Streifen gefunden.

	1	2
α (zwischen den Längs- und Querstreifen)	80°	85°
β (zwischen den Quer- und schiefen Streifen)	47°	35°
γ (zwischen den Längs- und schiefen Streifen)	53°	60°

	1		2	
	relative W.	absolute W.	relative W.	absolute W.
a Breite der Längsstreifen	0,98481	1,4 Mik.	0,9962	1,6 Mik.
b Breite der Querstreifen	0,90184	1,3 —	0,65979	1,06 —
c Breite der schiefen Streifen	0,73135	1,0 —	0,57358	0,9 —

Auch hier stimmt die aus den Winkeln berechnete Breite der Streifen mit dem Grade ihrer Deutlichkeit. Es ist übrigens noch zu bemerken, dass diese Structur nur in der geschichteten eigentlichen Zellmembran sichtbar ist. Die dicke, ungeschichtete Hüllmembran (Extracellulärsubstanz) erscheint ungestreift.

Fast am schönsten unter den Zellencryptogamen zeigte

sich mir die Streifung an *Chamaedoris annulata* *Montagne* (Fig. 9).

Die Längsstreifen laufen ziemlich genau parallel der Zellenaxe; die Querstreifen schneiden dieselbe ziemlich unter einem rechten Winkel. Die Breite der einen und der andern variirt nicht unbedeutend. Zuweilen sind die Längsstreifen merklich stärker als die Querstreifen; von jenen gehen z. B. 10—13, von diesen 16—19 auf 25 Mik.; jene sind also 2,5—1,9 Mik., diese 1,8—1,3 Mik. breit. Manchmal zeigen beide Systeme eine gleiche Stärke; der einzelne Streifen hat eine Breite von 1,5—2 Mik. Nicht selten treten auch die Querstreifen etwas deutlicher hervor; sie sind 1,8—2,1 Mik. breit, indess die Längsstreifen 1,4—1,7 Mik. betragen. — Die Querstreifen verlaufen gerade und äusserst regelmässig; die Längsstreifen haben zuweilen eine gleiche regelmässige Anordnung, und die Membranfläche gleicht dem feinsten Battistgewebe. Manchmal jedoch sind die Längsstreifen etwas hin und her gebogen, zuweilen etwas verzweigt, und ausnahmsweise scheinen sie selbst ein Netz mit sehr langgezogenen, linealrhombischen Maschen zu bilden.

Wenn die Structur der Membran von *Chamaedoris* besonders deutlich ist, so erkennt man ausser den Längs- und Querstreifen noch zwei Systeme von schiefen Streifen, von denen das eine nach rechts, das andere nach links geneigt ist. Dieselben sind so zart, dass es mir nicht möglich war, die Breite zu messen. Sie lässt sich aber wieder durch Rechnung aus den Winkeln finden. Die Linien A, B, C, D in Fig. 2 geben die Richtungen der 4 Streifensysteme; a, b, c, d die verticalen Abstände zweier benachbarter Streifen des gleichen Systems; α , β , γ , δ die Winkel und zwar α zwischen A und B, β zwischen B und C, γ zwischen A und C, δ zwischen B und D. Nehmen wir das Stück der Linien B, welches von zwei auf einander folgenden

Linien der andern Systeme eingeschlossen wird, gleich 1, so sind die 4 gesuchten Abstände ⁵⁾

$$\begin{aligned} a &= \sin \alpha \\ c &= \sin \beta \\ d &= \sin \delta \\ b &= \frac{\sin \alpha \cdot \sin \beta}{\sin \gamma} \end{aligned}$$

Es wurden nun an den Streifensystemen von *Chamaedoris annulata* folgende Winkelbestimmungen gemacht:

	1	2	3	4	5	6	7
α (gemessen)	88°	87°	89°	87°	88°	90°	90°
β —	38°	42°	44°	48°	52°	40°	37°
γ —	54°	51°	47°	45°	40°	50°	53°
δ —	34°	40°	43°	47°	47°	41°	36°
δ (berechnet)	36°	39°	43°	45°	49°	40°	37°

α ist der Winkel zwischen den Querstreifen (B) und Längsstreifen (A); β derjenige zwischen den Querstreifen (B) und den ersten schiefen Streifen (C) d. h. dem etwas stärkern System von schiefen Streifen, welches in dem stumpfen Winkel (von 91—93°) zwischen Längs- und Querstreifen sich befindet. γ ist der Winkel zwischen den Längsstreifen (A) und den ersten schiefen Streifen (C), und δ derjenige zwischen den Querstreifen (B) und den zweiten schiefen Streifen (D), d. h. dem etwas schwächern System von schiefen Streifen, welches in dem spitzen Winkel (von 87—89°)

5) Nimmt man eine andere Einheit an, so erhält man die nämlichen Verhältnisse in anderer Form. Wenn z. B. das Stück der Linie A, welches zwischen je zwei benachbarten Linien der andern Systeme sich befindet, = 1 gesetzt wird, so ist

$$\begin{aligned} c &= \sin \gamma \\ b &= \sin \alpha \\ a &= \frac{\sin \gamma \cdot \sin \alpha}{\sin \beta} \\ d &= \frac{\sin \gamma \cdot \sin \delta}{\sin \beta} \end{aligned}$$

zwischen Längs- und Querstreifen liegt. Für δ sind je zwei Werthe angegeben; in der ersten Horizontalzeile sind die Resultate der Messungen enthalten, in der zweiten dagegen die Winkelgrößen, welche sich durch Berechnung aus den andern Winkeln (α, β, γ) ergeben.

Aus den eben mitgetheilten Winkelmessungen erhält man nach den obigen Formeln für die verticalen Abstände a, b, c, d (wenn a die Breite eines Längsstreifens, b diejenige eines Querstreifens, c die Breite eines ersten schiefen Streifens und d die eines zweiten schiefen Streifens bezeichnet) folgende relative Werthe, und ferner aus der gemessenen Breite von a folgende absolute Werthe:

	1		2		3	
	relative W.	absolute W.	relative W.	absolute W.	relative W.	absolute W.
a	0,99939	2,2 Mik.	0,99863	1,7 Mik.	0,99985	1,9 Mik.
b	0,76053	1,7 —	0,85983	1,5 —	0,94968	1,8 —
c	0,61566	1,35 —	0,66913	1,1 —	0,69466	1,3 —
d	0,55019	1,2 —	0,64279	1,1 —	0,68200	1,3 —

	4		5		6		7	
	relat. W.	absol. W.	relat. W.	absol. W.	relat. W.	absol. W.	relat. W.	absol. W.
a	0,99863	1,5 M.	0,99939	1,7 M.	1,0000	2,0 M.	1,0000	2,4 M.
b	1,0495	1,6 —	1,2252	2,1 —	0,83910	1,7 —	0,75355	1,8 —
c	0,74314	1,1 —	0,78801	1,3 —	0,64279	1,3 —	0,60182	1,4 —
d	0,73135	1,1 —	0,73135	1,2 —	0,65606	1,3 —	0,58778	1,4 —

Ich füge hier noch einen Fall bei, wo bei *Valonia utricularis* ebenfalls 4 Streifensysteme sichtbar waren und folgende Messungen gestatteteten:

			relative W.	absolute W.
α (gemessen)	85°	a	0,9962	gemessen 1,2 Mik.
β	— 54°	b	1,2284	gemessen und
γ	— 41°			berechnet 1,5 —
δ	— 50°	c	0,80902	berechnet 1,0 —
δ (berechnet)	48°	d	0,76604	— 0,9 —

Von den 4 Streifensystemen, welche bei *Chamaedoris* gewöhnlich, bei *Valonia* ausnahmsweise sichtbar werden, sind offenbar die Längs- und Querstreifen als die primären,

die schiefen nach rechts und links geneigten als die secundären zu bezeichnen. Die erstern treten im Verhältniss zu ihrer Breite immer etwas deutlicher hervor als die letztern. Wenn Längs- und Querstreifen sich unter einem rechten Winkel schneiden, so sind die beiden schiefen Systeme von gleicher Stärke. Sie werden um so ungleicher, je mehr jener Winkel sich von 90° entfernt. Es sind diess alles Thatsachen, welche auf's Schönste mit der Annahme übereinstimmen, dass die Streifen nichts anderes sind als die Areolenreihen der Membranschichten. Eine weitere Bestätigung wird auch durch den Umstand geboten, dass die Winkel, welche das vierte Streifensystem mit den drei übrigen bildet, nach der Messung und der Berechnung ziemlich genau übereinstimmen, wie sich aus den Werthen für δ in den mitgetheilten Beispielen ergibt.

Die Querschnitte durch die Membran zeigen die Längstreifen mehr oder weniger deutlich als Linien, welche rechtwinklig oder schiefwinklig die Schichten schneiden (Fig. 10). In letzterm Falle sieht man noch ein zweites System von schiefen Streifen, welches nach der andern Seite geneigt ist und sich mit jenen kreuzt, mehr oder weniger deutlich. In beiden Fällen ist jede einzelne dichte Schicht in regelmässigen Intervallen von einer weichen Masse durchbrochen und besteht somit aus einer Reihe dichter Areolen von fast quadratischer oder etwas rhombischer Gestalt. Die Dicke der Schichten beträgt im Mittel der ganzen Wanddicke meist etwa 2,7 Mik., also wenig mehr als die Breite der stärksten Streifen; zuweilen ist dieselbe auch merklich geringer.

Um das Verhalten der beiden primären Streifensysteme beim Aufquellen der Membran zu beobachten, wurden aus den grossen Zellen kleine viereckige Membranstücke herausgeschnitten und diese im trockenen Zustande, darauf in Wasser und schliesslich in Säuren gemessen. Das Ergebniss

war, dass die Membran, von der Fläche angesehen, etwas mehr Flüssigkeit in der Querrichtung als in der Längsrichtung einlagert, dass also die Längsstreifen verhältnissmässig mehr zunehmen als die Querstreifen, wie folgende Messungen (in Millimetern) beweisen:

		trocken	in Wasser	in Salzsäure	in Salzsäure gekocht
1	Länge	1,08	1,11	1,12	1,13
	—	100,00	102,78	103,70	104,63
	Breite	1,09	1,13	1,16	1,18
	—	100,00	103,67	106,42	108,26
2	Länge	1,06	1,11	1,13	1,15
	—	100,00	104,71	106,60	108,49
	Breite	1,47	1,56	1,59	1,62
	—	100,00	106,12	108,16	110,21

Die Scheiden von *Petalonema alatum* Grev.⁶⁾ bestehen aus zwei Partieen. Die innere ist schmaler, dichter und, wie die Scheiden der verwandten Gattungen, parallel der Axe geschichtet. Die äussere ist viel breiter, weicher und scheinbar gegliedert, indem hier die Schichten mehr oder weniger rechtwinklig nach aussen biegen. Dieser äussere Theil der Scheide besitzt zwei Streifensysteme. Im Längenprofil sieht man deutliche Streifen, welche die Schichten rechtwinklig durchbrechen und somit ziemlich parallel

6) Kützing hat den von Berkeley gegebenen Gattungsnamen *Petalonema* und den von Greville gegebenen Artnamen *alatum* ohne Noth und ohne Recht in *Arthrosiphon Grevillii* verändert. Er führt als Grund an, dass dieselben auf einem offenbaren Irrthum beruhen. Wenn dieser Grund ausreichend wäre, so müssten noch manche Gattungsnamen und namentlich mehrere von Kützing selbst aufgestellte preisgegeben werden. *Arthrosiphon* selbst wäre nicht sehr glücklich gewählt. *Petalonema alatum* bedeutet einen Faden, der ein geflügeltes blumenblattartiges Aussehen gewährt. Diese Bezeichnung ist sehr charakteristisch, wenn sie auch nur bildlich ist und den Schein statt des Wesens wieder gibt.

mit der Fadenaxe verlaufen. Wir können sie mit Rücksicht auf ihre Richtung als Längsstreifen bezeichnen. Diese Längsstreifen stellen sich auf Querschnitten als concentrische Ringe dar. Ausserdem sieht man auf den Querschnitten eine zarte radiale Streifung.

Bei dieser Pflanze finden wir also in der äussern Scheide, wie bei andern Pflanzenzellen, drei sich kreuzende Lamellensysteme. Aber in Folge eigenthümlicher Entwicklung sind ihre räumlichen Verhältnisse vertauscht. Die Schichtung hat die Lage und Form der Querstreifung, die Querstreifung dagegen die der Schichtung angenommen.

Die Schläuche der Flechten, z. B. von *Hagenia ciliaris*, lassen auf Querschnitten zuweilen eine zarte radiale Streifung wahrnehmen; dieselbe tritt besonders hervor, wenn man die Schläuche schwach durch Jod färbt. Die Flächenansicht zeigt sie nur höchst undeutlich.

Auf den grossen Sporen einer *Pertusaria* sieht man sehr deutliche Querstreifen, welche wie in einem netzförmigen Gefässe unter einander anastomosiren und verlängerte rhombische Maschen bilden. Sie gehören, wie es scheint, bald den äussern, bald den innern Membranschichten, nicht aber der ganzen Wanddicke an.

2. Parenchymzellen der Phanerogamen.

Wenn die Parenchymzellen hinreichend dickwandig sind, so beobachtet man an ihnen nicht selten die Anwesenheit von Streifen. Aber es ist oft schwer, den Verlauf derselben im Raume genau auszumitteln. So sah ich die durchschnittenen Wände des Blattparenchyms von *Hyacinthus orientalis* *Lin.*, *Agave americana*, *Hakea pectinata* *Dum. Cours.* hin und wieder von zarter Querstreifung rechtwinklig durchsetzt. Fig. 12 zeigt dieselbe an einer Epidermiszelle der letztern Pflanze. Ist die Wandung dünner, so besteht sie durch und durch aus dichter Substanz und

die Streifen sind in der ganzen Dicke ziemlich scharf gezeichnet (a). An den dickern Stellen dagegen befindet sich zwischen den zwei dichtern Aussenschichten eine weiche Mittelsubstanz; die letztere ist äusserst zart gestreift, während jene deutlich unterbrochen und in eine Reihe von Punkten aufgelöst sind.

Die eben erwähnten Streifen sieht man zuweilen auch, wenn man die Zellmembran von der Fläche betrachtet. Bald sind es zarte Linien, bald Reihen von Punkten, welche auf gekreuzte Linien deuten, bald auch zarte Punkte scheinbar ohne Ordnung.

Sehr deutliche Querstreifung wurde ferner auf den durchschnittenen Wänden der innern Samenhaut von *Platypodium spec.* beobachtet. (Fig. 21). Diese Streifen gehen bald rechtwinklig, bald schiefwinklig durch die Wandung. Im letztern Falle kreuzen sich zwei Systeme mit entgegengesetzter Neigung, und es treten die für diesen Fall charakteristischen Zeichen V X Y auf. Einzelne dieser Querstreifen sind von beträchtlicher Stärke und gleichen feinen Porenkanälen. Dass es keine Poren sind, sieht man daraus, dass sie sich bis zu der zartesten Streifung abstufen, ferner daraus, dass neben ihnen noch wirkliche Porenkanäle vorkommen, und endlich besonders aus der Flächenansicht der Zellwandung. Diese zeigt theils unregelmässig parallele, leicht hin und her gebogene, theils verzweigte und netzförmig anastomosirende Streifen, letztere mit langgezogenen schmalen Maschen.

Die räumliche Construction dieser Streifen würde aus den Beobachtungen an den Zellen von *Platypodium* kaum möglich sein. Die Analogie der beiden Ansichten mit den Holzzellen der Coniferen zeigt deutlich, dass es Ringstreifen sind. Ich verweise auf die später folgende Analyse dieser Formation.

Die innere Samenhaut von *Entada Gigalobium DC.*

verhält sich ganz wie diejenige von *Platypodium*. Die Streifen auf den Durchschnitten der Wandungen sind bald sehr stark und deutlich, bald äusserst zart und gedrängt. Wenn die Schnitte den Rand der Zellenhöhlungen treffen, so sieht man die Streifen des Profils in die der Flächenansicht übergehen. Auch hier kommen neben denselben einzelne Poren vor.

Die Zellen des Fruchtfleisches von *Hymenaea Courbaril Sin.* sind länglich und zusammengefallen. Man nimmt auf deren Fläche 3 oder 4 Streifensysteme wahr, zwei Systeme von Querstreifen und 1 oder 2 von Längsstreifen. Es giebt Zellen mit glatter Wandung, andere, auf denen nur die Querstreifen sichtbar sind, ferner solche, welche Quer- und Längsstreifen zeigen, endlich solche, auf denen die Längsstreifen stark hervortreten, die Querstreifen aber mehr oder weniger undeutlich sind. Da die erstgenannte Kategorie von Zellen im Allgemeinen die zartesten, die letzte die derbsten Membranen hat, so vermüthe ich, dass die 4 verschiedenen Bildungen zugleich die Entwicklungsstadien der nämlichen Zellen darstellen, dass nämlich zuerst die Querstreifen auftreten und nachher von den Längsstreifen verdrängt werden. Es giebt auch Zellen, die auf verschiedenen Stellen ungleich ausgebildet sind und somit zwei verschiedene Zustände vereinigen.

Die beiden Querstreifensysteme sind sehr zart und ziemlich symmetrisch; jedes ist zur Zellenaxe unter einem Winkel von 65° — 75° geneigt. Die Breite eines Streifens beträgt 0,7—1,2 Mik. — Die Längsstreifen sind zuweilen ebenso zart und fein wie die Querstreifen; andere Male übertreffen sie dieselben um das Zwei- und Dreifache an Stärke. Die zarten Längsstreifen stellen zwei regelmässig sich kreuzende und ziemlich symmetrische Systeme dar, von denen jedes mit der Zellenaxe einen Winkel von 10° bis 20° bildet. Die stärkern Längsstreifen dagegen sind

stellenweise parallel, wohl auch nach einer Seite fächerförmig aus einander weichend und dabei sich verzweigend; meistens aber sind sie etwas hin und her gebogen, hin und wieder verzweigt und mit einander anastomosirend. Es hat zuweilen den Anschein, als ob die unregelmässigen Stärkern aus den zarten gekreuzten Längsstreifen so entstünden, dass die einen Linien des Netzes in unregelmässiger Zickzackfolge sich weiter entwickelten, die andern unterdrückt würden. — Die starken Längsstreifen sind abwechselnd die einen breit und weisslich, die andern schmal und spaltenähnlich. Die erstern erscheinen meist unregelmässig-gegliedert, aus dichten und weichern Stellen bestehend. Zuweilen ist die Gliederung regelmässig und deutlich, und in einzelnen Fällen erkennt man bestimmt, dass dieselbe durch zwei sich kreuzende Systeme von Querstreifen erzeugt wird (Fig. 18). Ob die Stärkern Längsstreifen bloss durch ungleiche Dichtigkeit hervorgebracht werden, oder ob dabei auch eine ungleiche Verdickung oder selbst Biegung und Faltung der Membran in's Spiel komme, muss ich dahin gestellt sein lassen.

Das farblose Rindenparenchym, welches in Zweigen der Rothtanne (*Abies excelsa*) innerhalb der Epidermis und ausserhalb des grünen Parenchyms sich befindet, lässt netzförmige Streifung erkennen. Das Netz besteht aus schmalen rhombischen Maschen und wird in einzelnen Fällen ziemlich deutlich aus zwei Systemen paralleler Streifen gebildet, welche sich unter einem Winkel von $10-20^{\circ}$ kreuzen. Das Netz hat fast jede mögliche Neigung zur Zellenaxe, indem es bald steilspiralig, bald flachspiralig, bald horizontal gerichtet ist. Die Richtung übt aber keinen Einfluss auf die Ausbildung des Netzes; dasselbe kann bei jeder Neigung sowohl regelmässig als unregelmässig sein. Bald erscheint es äusserst zart, bald ziemlich stark, als ob es aus wirklichen engen Netzfäsern gebildet würde.

Die beiden Streifensysteme, deren Kreuzung das Netz hervorbringt, scheinen in der gleichen Fläche zu liegen. In der Regel bilden sie die einzige Zeichnung der dünnen Wandung zwischen zwei Zellen, so dass wahrscheinlicher Weise nur in der einen der beiden mit einander vereinigten Membranen die Streifung ausgebildet ist. — Diese Ansicht wird dadurch plausibel gemacht, dass zuweilen ausser der genannten netzförmigen Streifung noch eine zweite zärtere Streifung, die in entgegengesetzter Richtung verläuft, beobachtet wird. Von derselben blieb es zweifelhaft, ob sie ebenfalls netzförmig und aus zwei sich kreuzenden Systemen gebildet sei oder nicht.

Ganz ähnliche netzförmige Streifung kommt auf der Wandung der Gefässe im Holze der Pappelwurzel vor. Ich werde später dieselbe näher beschreiben.

3. Epidermiszellen der Phanerogamen.

Ich spreche hier nur von der Aussenwand der Epidermiszellen, welche zum Theil sich analog wie die übrigen Membranen des Parenchyms, zum Theil etwas abweichend verhält. Ihre Seitenwandungen unterscheiden sich nicht von den im Innern des Gewebes liegenden Zellen.

Der Längsschnitt durch das Blatt von *Hyacinthus orientalis* *Lin.* zeigt auf der äussern Wand der Oberhautzellen sehr zarte und äusserst regelmässige, genau parallele und häufig gleichweit von einander entfernte Querstreifen, welche die Membran rechtwinklig durchbrechen (Fig. 16). Wenn sie am stärksten ausgebildet sind, so ist der einzelne nicht über 1,2 Mik. breit; häufig sind sie beträchtlich schmaler. Diese Querstreifen reichen nach aussen bis zu der innersten Schicht, welche viel dichter als die übrige Zellwand ist, und wegen der sie kreuzenden Querstreifen oft einer Reihe von Knötchen gleicht. In der übrigen Membran sind sie zwar schwächer ausgebildet, aber doch treten sie

oft noch deutlicher hervor als die äusserst zarten Schichten, welche man in der Zahl von 2 bis 5 zwischen der innersten und der Cuticula beobachtet.

Auf frischen Längsschnitten ist die innerste dichte Schicht meist etwas gekerbt (Fig. 16). Die Kerben sind zuweilen sehr schmal und gedrängt, zuweilen breiter. Im erstern Falle trifft jeder weiche Querstreifen, im zweiten je der zweite, dritte, vierte u. s. w. auf eine Einkerbung. Lässt man die Schnitte austrocknen, so wird die Kerbung viel stärker. Entfernt man die übrigen Membranen, so dass die Aussenwand der Epidermis isolirt ist, so krümmt sie sich, mit Wasser befeuchtet, stark nach aussen und die Kerben der innersten Schicht verschwinden gänzlich oder doch grösstentheils.

Betrachtet man die Oberhautzellen von der Fläche (Fig. 17), so erscheinen etwas gebogene, hin und wieder verzweigte Querstreifen, welche den Kerben des Profils entsprechen. Die einen sind breiter und bläulichweiss, die andern schmal, spaltenförmig und röthlich; jene stellen die Erhabenheiten, diese die Einschnitte der Kerbung dar. Trocken ist diese Streifung ebenfalls viel stärker und deutlicher als im befeuchteten Zustande. Ausserdem kommen auch zarte Längsstreifen vor (Fig. 17).

Die innere Wand der Epidermiszellen, sowie noch tiefer liegende Wände des Gewebes zeigen zuweilen, wie ich bereits oben bemerkt habe, ganz ähnliche Querstreifung sowohl im Profil als in der Flächenansicht.

Die Epidermiszellen der trockenen, reifen Fruchtwandung von *Fedia Cornucopiae Vahl.* erheben sich nach aussen mehr oder weniger kegelförmig. Von der Fläche betrachtet, lässt die Aussenwand zarte radiale Streifen wahrnehmen, welche sich nach aussen verzweigen. Der Querschnitt durch die Aussenwand zeigt Streifung, welche rechtwinklig durch die Membran geht und an der dünnen Cuticula aufhört.

Sie ist die Profilansicht der auf der Flächenansicht undeutlichen concentrischen Streifen.

An der Epidermis des Blattes von *Agave americana* *Lin.* (Fig. 11) bildet die Cuticula (die sog. Cuticularschichten) eine dicke Membran (c), welche nach innen starke Fortsätze zwischen den äussern Theil der Epidermiszellen ausschickt. Innerhalb der Cuticula und zwischen jenen Fortsätzen derselben befindet sich der unveränderte Theil der Aussenwand, in welchen das kegelförmige Lumen hineinragt. Die innerste Schicht der Cuticula und ihrer Fortsätze ist dichter, zuweilen etwas wellenförmig oder gekerbt; die letztern bestehen manchmal bloss aus zwei Blättern dieser dichten Schicht. Sie sind auf Durchschnitten quergestreift und zwar besonders deutlich an der dichten Grenzschicht, während in der mittleren weichern Masse die Streifung mehr oder weniger zurücktritt. Von der übrigen Cuticula ist nur die innere Grenzschicht zuweilen quergestreift (a).

Der nicht cuticularisirte innere Theil der Wandung ist oft deutlich geschichtet und die Schichten rechtwinklig von Streifen durchsetzt, welche sich an die Querstreifen der Cuticulafortsätze anschliessen und als deren Fortsetzungen zu betrachten sind. Diese Querstreifung fällt besonders an der innersten dichtern Schicht in die Augen, welche in eine Reihe von Knötchen aufgelöst ist (b). Es kann auch eine einzelne Schicht zwischen den übrigen durch Dichtigkeit sich auszeichnen und die nämliche schöne Querstreifung zeigen. — Die kegelförmige Verlängerung der Zelhöhlung ist auf der Flächenansicht mit Streifen gezeichnet, welche von den im Profil sichtbaren Knötchen der innersten Schicht ausgehen und denselben entsprechen (d). — Die dünnen Seitenwände der Epidermiszellen lassen im Profil die Querstreifung oft eben so schön sehen, wie die innerste Lamelle der Aussenwand, als deren Fortsetzung sie sich kundgeben.

Es giebt verschiedene Epidermiszellen, die in dem in-

nen Theile ihrer Aussenwand Linien erkennen lassen, welche die Schichten quer durchsetzen. Sie sind von Mohl an *Hakea* abgebildet (Vermischte Schriften Taf. X. Fig. 18) und als Tüpfelkanäle erklärt, auch dazu benützt worden, um weitere Schlüsse für die morphologische Deutung des betreffenden Membrantheiles zu ziehen. Schacht zeichnet sie ebenfalls an verschiedenen Pflanzen (*Ilex*, *Gasteria*, *Hakea*, *Hechtia*, vgl. Anat. Phys. Taf. III) und nennt sie Tüpfelkanäle.

Ich habe diese Erscheinung nur an den Blättern von *Hakea* untersucht, hier aber mich von der Unrichtigkeit der bisherigen Deutung überzeugt. Bei *Hakea pectinata Dum.* sind die Epidermiszellen in der Axenrichtung der Blattlappen verlängert, und es zeigen Quer- und Längsschnitt in besondern Fällen ein ungleiches Verhalten der porenähnlichen Querstreifen. Auf Querschnitten ist der innere gestreifte Theil der Aussenwand gewölbt und die Streifen in der Mitte am stärksten und längsten (Fig. 14). Auf Längsschnitten zeigt sich der innere Theil der Wandung an den beiden Enden am mächtigsten und mit Streifen versehen; in der Mitte ist derselbe dünner und nicht oder kaum gestreift (Fig. 15).

Auf der Flächenansicht (Fig. 13) bieten diese Streifen eine sehr mannigfaltige Zeichnung dar. Im Allgemeinen sind es verzweigte und anastomosirende Linien von etwas geschlängeltem Verlaufe und mehr oder weniger radienförmiger Anordnung. Oft gehen sie von einem centralen oder excentrischen Mittelpunkte aus. In sehr langgestreckten schmalen Zellen können die Streifen um zwei Mittelpunkte gruppiert sein, welche sich nahe den Zellenenden befinden und durch parallele Längsstreifen verbunden sind, an die sich zuweilen noch zarte Querstreifen seitlich anschliessen. Solche Zellen entsprechen der in Fig. 15 gegebenen Abbildung.

Bei *Hakea Baxteri R. Br.* sind die Streifen des

Querschnittes besonders stark, mangeln aber dem innersten nicht cuticularisirten Theile der Zellmembran (Fig. 20). Die Flächenansicht ist ähnlich wie bei *H. pectinata*, und sind die Zeichnungen womöglich noch mannigfaltiger und unregelmässiger (Fig. 19). Gewöhnlich sind es die schmälern, spaltenähnlichen Streifen von röthlicher Farbe, welche sich verzweigen und mit einander anastomosiren, seltener die breitem weisslichen Streifen.

Dass diese Streifen in der Aussenwand der Epidermis bei *Hakea*, und ohne Zweifel auch bei andern Pflanzen, keine Porenkanäle sind, ergibt sich unzweifelhaft aus der Flächenansicht. Dagegen muss ich unentschieden lassen, ob es Lamellen aus weicherer Substanz oder wirkliche Risse seien, welche durch ungleiches Wachsthum oder durch das Austrocknen veranlasst wären.

Erklärung der Tafeln.

Die in () eingeschlossenen Ziffern geben die Vergrösserung an.

1, 2. Constructionen, um aus dem Abstand und der Neigung der primären Streifen gegen einander den Abstand und die Neigung der secundären Streifen zu bestimmen (Pag. 309).

3—7. Schematische Darstellung von gestreiften Flächen (Pag. 294).

8 Schematische Darstellung eines kleinen aus einer Zellmembran in Gedanken herausgeschnittenen Stückes (Pag. 298).

9 (900). Zellmembran von *Chamaedoris annulata* *Montagne* von der Fläche gesehen (Pag. 312).

10 (900). Dieselbe im Querschnitt (Pag. 315).

11 (1200). Querschnitt durch die Aussenwand der Epidermiszellen des Blattes von *Agave americana* *Lin.* (Pag 323.) c Cuticula; a innerste Schicht derselben; b die innerste Schicht des nicht cuticularisirten Theils der Membran; d Streifung dieser Schicht von der Fläche gesehen, auf der hintern Seite der kegelförmigen Ausbuchtung der Zelhöhlung; e seitliche Wand zwischen zwei Epidermiszellen.

12 (750). Epidermiszelle des Blattes von *Hakea pectinata* *Dum. Cours.* parallel der Oberfläche durchschnitten (Pag. 324) p Porenkanäle.

13 (500). Zwei Epidermiszellen der gleichen Pflanze, von aussen gesehen (Pag. 324).

14 (500). Querschnitt durch solche Epidermiszellen mit den porenähnlichen Streifen (Pag. 324).

15 (500). Längsschnitt durch dieselben (Pag. 324).

16 (1000). Aussenwand der Oberhautzellen im Längsschnitt des Blattes von *Hyacinthus orientalis* *Lin.* (Pag. 321).

17 (1000). Die nämliche Zellmembran im trockenen Zustand von der Fläche gesehen (Pag. 322).

18 (1400). Zellmembran aus dem Fruchtfleische von *Hymenaea Courbaril* *Lin.* von der Fläche (Pag. 319).

19 (1000). Epidermiszellen des Blattes von *Hakea Baxteri* *R. Br.*, von aussen gesehen (Pag. 324).

20 (700). Dieselben im Querschnitt mit den porenähnlichen Streifen (Pag. 324).

21 (1000). Innere Samenhaut von *Platypodium spec.*; man sieht eine Zellmembran von der Fläche, die übrigen im Durchschnitt (Pag. 318).

Historische Classe.

Sitzung vom 28. Mai 1864.

Herr Föringer theilte eine Notiz über zwei Abhandlungen des Herrn von Koch-Sternfeld und eine von Herrn Professor Sighart, corresp. Mitglied, eingesendete Abhandlung mit:

„Ueber ein aus Wachstafeln bestehendes Buch v. J. 1340“.

Das Buch stammt aus dem Kloster Polling, enthält Randbemerkungen in deutscher Sprache und betrifft Leistungen von Victualien.

Dieselbe wurde für die Denkschriften bestimmt.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Sitzungsberichte der mathematisch-physikalischen Klasse der Bayerischen Akademie der Wissenschaften München](#)

Jahr/Year: 1864

Band/Volume: [1864-1](#)

Autor(en)/Author(s): Nägeli Carl Wilhelm von

Artikel/Article: [Der innere Bau der vegetabilischen Zellenmembranen 282-326](#)