Über Beschaffenheit und Umwandlungen der Membran, des Protoplasma und des Kerns von Pflanzenzellen

von

Prof. **C. Frommann.**

Hierzu Tafel I—V.

I. Über einige Strukturverhältnisse in den Membranen der Blattepidermis von Dracaena Draco und Euphorbia Cyparissias.

Bei Verfolgung der Beziehungen zwischen wandständigem Protoplasma und den Membranen von Epidermiszellen hatte ich festgestellt [1]), daß Protoplamasfäden nicht bloß mit den Membranen verschmelzen, sondern auch in dieselben eindringen, in ihnen sich noch eine Strecke weit verfolgen lassen, daß ferner eingeschlossen in die Membranen oder in die Cuticula sowohl Körper vorkommen, die nach Form, Färbung, Größe und nach ihrer morphologischen Beschaffenheit Chlorophyllkörpern gleichen, als anscheinend unveränderte Netzstreifen und Netzlamellen wie solche, deren Fäden und Knotenpunkte etwas derber und glänzender sind als die des intracellularen Protoplasmas. Weitere Beobachtungen zeigten dann, daß die jüngsten Membranlamellen aus wandständigen Netzlamellen hervorgehen, daß mithin das Dickenwachstum der Membranen durch Apposition erfolgt.

In seinem Buch über den Bau und das Wachstum der Zellhäute giebt Strasburger an (S. 75), daß er sich darüber Rechenschaft zu geben versucht habe, was ich als zum Theil mit dem Protoplasmanetz des Zellinnern zusammenhängende Fäden, Körnchen und Netze im Innern der Membranen beschrieben habe, und macht über seine Befunde die folgenden Angaben:

1) Sitzungsberichte der Jen. Gesellsch. für Med. und Naturwissensch. v. 21. Febr. 1879; Beobachtungen über Struktur und Bewegungserscheinungen des Protoplasma der Pflanzenzellen. Jena 1880.

„Zarte Querschnitte durch die Blätter (Dracaena Draco) lehren, daß die äußeren, cutikularisierten Schichtenteile der Außenwand von Epidermiszellen mit feiner, unregelmäßiger Zähnelung in die nicht cutikularisierten, inneren Membranenschichten eingreifen. Es ist dies das nämliche Verhalten, welches neuerdings von De Bary als allgemein verbreitet geschildert wurde (Anatomie der Vegetationsorgane, p. 83, Fig. 25, p. 82). Die feinen Vorsprünge präsentieren sich in Flächenansicht der Epidermiszellen als unregelmäßige Körner oder kleine gekrümmte, mannigfaltig in einander greifende Stäbchen.

An die cutikularisierte Schicht grenzt nach innen die annähernd gleichmäßig um die ganze Zelle laufende, nicht cutikularisierte.

Gegen die Ränder der Blätter hin, wo die Zellen stärker verdickt sind, setzt sich eine cutikularisierte Leiste in die Querwände fort, an anderen Orten hören die Cutikularschichten über den Querwänden auf. Ist der Schnitt rechtwinklig zur Längsaxe des Blattes geführt worden, so sieht man vorwiegend nur dünne Querwände. Die Ursache dieser Erscheinung läßt sich an Flächenansichten leicht ermitteln, da constatiert man nämlich, daß die langgestreckten Epidermiszellen nachträglich durch viele sekundäre, dünn gebliebene Querwände gefächert worden sind. Die Mittellamellen der stark verdickten Querwand erscheinen körnig, besonders auffällig dann, wenn sich die Cutikularschichten der Außenwand in die Querwand fortsetzen."

Es läßt sich leicht nachweisen, daß diese Angaben Strasburger's nicht bloß unvollständig, sondern zum Teil auch unrichtig sind und daß ihre Deutung eine irrige ist.

Die Außenwand der Epidermiszellen der Blätter von Dracaena Draco besteht, abgesehen von der Cuticula, aus drei Schichten: einer äußeren, homogenen, cutikularisierten, einer mittleren, feinkörnig-kurzfädigen, resp. genetzten und aus den Spezial-lamellen.

Bei Flächenansichten der feinkörnig-kurzfädigen Schicht (Taf. II, Fig. 2) erscheinen bei Anwendung einer 1300-fachen Vergrößerung die etwas glänzenden, mehr oder weniger dichtgestellten Körnchen zum großen Teil als die Vereinigungspunkte von 2—4 feinen, blassen und meist sehr kurzen Fäden und hängen durch die letzteren vielfach untereinander zusammen. Es entsteht auf diese Weise ein sehr zartes, in eine schwachbrechende Grundsubstanz eingebettetes fädiges Gerüst, welches Körnchen (Fadenquerschnitte) in wechselnder Zahl und neben den-

selben durch Knotenpunkte verbundene Fäden einschließt, hie und da aber ein netzförmiges Gefüge besitzt mit geschlossenen, sehr engen, runden, ovalen oder eckigen Maschen. Nach Feinheit der Körnchen und Fäden wie nach der Art ihrer Verbindung gleichen die durch sie gebildeten Strukturen vollkommen protoplasmatischen Fadenwerken und Fadennetzen und schließen ebenso wie diese häufig vereinzelte längere glatte oder gekörnte Fäden, kleine mattglänzende homogene Körner und knotige oder strangförmige Bildungen ein, die zum Teil gleichfalls durch stielartige oder zackige Fortsätze mit den Netzen der Umgebung zusammenhängen. (An Schnitten, die in absolutem Alkohol gekocht oder mit dem letzteren und mit Terpentinöl behandelt worden sind, tritt die körnigfädige oder netzförmige Struktur in der gleichen Weise hervor, wie an frisch, in indifferenten Flüssigkeiten untersuchten; es kann mithin gar keine Rede davon sein, daß es sich, wie GARDINER vermutete, um eine Einlagerung von Wachsteilen handele).

Durchschnitte zeigen, daß die Dicke der körnig-fädigen Schicht meist geringer ist als die der beiden anderen Schichten, stellenweise erreicht oder übertrifft dagegen ihre Dicke die der letzteren. Sie zeigt wie bei Flächenansichten auf den ersten Blick ein mehr oder weniger dicht- und feinkörniges Aussehen, erscheint als körniger, zwischen die cutikularisierte Schicht und die Spezial-lamellen eingeschobener Streif, an hinlänglich dünnen Schnitten treten dagegen auch hier Fäden zwischen den Körnchen hervor, welche die letzteren zum Teil untereinander verbinden, dem Schnittrand parallel oder quer oder schräg zu demselben gerichtet sind. Von der cutikularisirten Schicht erscheint die körnigfädige meist ziemlich scharf durch eine fortlaufende Reihe von Körnchen (Fadenknotenpunkte oder Durchschnitte) und durch einzelne kurze, zwischen die Körnchen eingeschaltete oder sie verbindende Fäden abgegrenzt; bei etwas genauerer Betrachtung überzeugt man sich dagegen, daß vielfach die Abgrenzung keine so scharfe ist, als es zunächst scheint, indem einzelne Körnchen in die cutikularisierte Schicht vorspringen und einzelne kurze Fäden in dieselbe eindringen (Fig. 4 und 5).

Die Körnchen und Fäden zeigen Verschiedenheiten rücksichtlich ihrer größeren oder geringeren Feinheit, ihres stärkeren oder schwächeren Glanzes, außerdem aber besitzt die die Lücken zwischen ihnen erfüllende Substanz eine an verschiedenen Stellen wechselnde Dichte, ist bald sehr hell und schwach brechend, so daß die Körnchen und Fäden scharf umschrieben vortreten, bald stärker brechend,

so daß die letzteren auch an sehr dünnen Schnitten nur undeutlich unterschieden werden können.

Durch Chlorzinkjod wird bald nur die äußere homogene Schicht gebräunt, bald auch die körnig-fädige.

Nach den Angaben Strasburger's sollen sich zahnartige Fortsätze der cutikularisierten Schicht in die untere, nicht cutikularisierte Schicht einsenken. Derartige Fortsätze, die von der cutikularisierten Schicht abtreten müßten, wie die Zinken eines Kamms, existieren hier nicht, wohl aber dringen einzelne der Fäden der körnig-fädigen Schicht wie in die Substanz der cutikularisierten Schicht, so auch in die der Speziallamellen. Die kleinen „gekrümmten, mannigfaltig ineinander greifenden Stäbchen", die Strasburger bei der Flächenansicht gesehen hat, gehören nicht Prominenzen der cutikularisierten Schicht an, sondern sind Teile der körnig-fädigen Schicht, die Strasburger als besondere Membranschicht überhaupt nicht erkannt hat.

Sowohl die cutikularisierte als die körnig-fädige Schicht entsenden Fortsätze in die Seiten- und Querwände; die Fortsätze der ersteren werden von denen der letzteren umscheidet. In die Abgangsstelle der (senkrecht zum queren Durchmesser des Blatts gestellten) Seitenwandungen senkt sich ein leistenartiger, mehr oder weniger tief eingreifender, im Durchschnitt zapfenförmiger Fortsatz der cutikularisierten Schicht, über die Abgangsstellen der primären, dicken Querwände zieht dagegen öfter die cutikularisierte Schicht hinweg, ohne einen blattförmigen Fortsatz in sie eintreten zu lassen. Die Fortsätze der feinkörnig-fädigen Schicht umschließen mitunter bloß die der cutikularisierten Schicht, sehr häufig dringen sie aber in die Seiten- und Querwände weiter vor oder durchsetzen dieselben in ihrer ganzen Ausdehnung entweder in Form einer einzigen mittleren Lamelle (Fig. 6) oder als 2 ziemlich parallele und sehr schmale Lamellen, was Strasburger ebenfalls ganz übersehen hat; gleichzeitig werden häufig die Fäden und ihre Knotenpunkte derber und die letzteren rücken weiter auseinander. Wenn die körnig-fädige Schicht schon im Anfangsteil der Seitenwandungen endigt, werden die letzteren häufig in ihrer übrigen Ausdehnung von einzelnen derberen, senkrecht zur Oberfläche verlaufenden Fäden durchzogen, andere Male von einer kontinuierlichen, glänzenden Mittellamelle.

Die Speziallamellen sind homogen, tragen aber längs ihrer inneren Begrenzung mitunter einen Besatz von einzelnen, frei in die Zelllichtung einragenden, zackigen oder fädigen Fortsätzen,

andere Male treten von ihnen Stränge ab, die sich unmittelbar in solche des Protoplasma fortsetzen, oder es dringen Fäden wandständigen Protoplasmas in das Innere der Speziallamellen ein, werden in denselben undeutlich und schwinden oder laufen in vereinzelt eingelagerte Körnchen aus.

Ziemlich häufig zeigen aber die Außenwandungen oder auch die Quer- und Seitenwände ein von dem geschilderten abweichendes Verhalten.

Die Speziallamellen lassen dann in einem größeren oder geringeren Teil ihres Umfangs, namentlich entlang der Außenwände, ebenfalls eine körnig-fädige oder netzförmige Struktur erkennen, mitunter unter Vorherrschen einer bestimmten Fadenrichtung, so daß an Durchschnitten eine Strichelung durch nahezu parallele, zum Teil gekörnte, ziemlich dicht gestellte und senkrecht oder schräg zum Kontur der Außenwand verlaufende Fäden vertritt. Die Fadenstruktur ist entweder sehr blaß, nur wenig stärker brechend als die Zwischensubstanz, oder sie besitzt das gleiche stärkere Brechungsvermögen wie in der mittleren, überliegenden Schicht und verschmilzt in diesem Fall mit der letzteren zu einer einzigen, relativ dicken, nach innen unmittelbar die Zelllichtung begrenzenden Schicht, von der häufig, wie auch von den homogenen Speziallamellen, einzelne Fäden wie kleine Reihen derselben sich ablösen und frei in die Zelllichtung einragen (Fig. 3, 4, 5).

Mitunter ist aber auch an den primären Quer- und Seitenwandungen eine Zusammensetzung aus mittleren, mit der cutikularisierten und der körnig-fädigen Schicht der Außenwand zusammenhängenden Lamellen und aus Speziallamellen nicht nachzuweisen. Sowohl die den ersteren als die den letzteren entsprechenden Membranabschnitte besitzen das gleiche Gefüge und die Wandungen bestehen in ihrer ganzen Dicke aus einem fädigen Gerüst und aus der in den Maschen desselben enthaltenen, bald nur schwach, bald stärker brechenden Substanz (Fig. 3—5 u. Fig. 7); häufig schließt dabei das Fadengerüst eine Anzahl derberer, stärker glänzender, in Fortsätze auslaufender knoten- oder strangförmiger Bildungen ein (Fig. 3). Seiten- und Querwände werden dann nicht durch eine besondere kontinuierliche, wenn auch sehr dünne Speziallamelle begrenzt, sondern überall durch Teile des Gerüsts und dem entsprechend durch einen fädigen oder körnig-fädigen, durch kleinere oder größere Lücken unterbrochenen Kontour. Hie und da treten von dem Ge-

rüst der Wandung einzelne feinere oder derbere fädige oder strangförmige Fortsätze ab und ragen frei in den Zellraum ein. An Stellen, wo sich fädiges, wandständiges Protoplasma findet, ist es oft ganz unmöglich, eine scharfe Grenze zwischen den Formelementen des letzteren und denen der Wandung zu ziehen, wenn die beiderlei Fadengerüste nach ihrer morphologischen Beschaffenheit und nach dem Brechungsvermögen ihrer Teile sich gleichen und im Protoplasma wurzelnde Fäden und Stränge sich bis in das der Wandung zugehörige Fadengerüst verfolgen lassen.

Bei Flächenansichten treten an Quer- und Seitenwänden, soweit sie nicht homogen oder sehr fein und bloß granuliert sind, die gleichen Strukturen als Fortsetzung der körnig-fädigen Schicht auf wie an Durchschnitten, außerdem aber mitunter auch größere, spindel- oder plattenförmige, häufig durch zackige Fortsätze anastomosierende, meist homogene Gebilde (Fig. 8).

Die vorstehenden Mitteilungen lassen über die Struktur der bezüglichen Membranen, wie über ihre Beziehungen zum Protoplasma überhaupt keinen Zweifel bestehen, ergänzen und vervollständigen aber nur die früher gemachten, und wenn Strasburger in Betreff der letzteren sich Rechenschaft zu geben versuchte über das, was ich als zum Teil mit dem Protoplasmanetz des Zellinnern zusammenhängende Fäden, Körnchen und Netze im Innern der Membran beschrieben habe, so würde ihm dieser Versuch sehr erleichtert worden sein, wenn er auf die beigegebenen Abbildungen Rücksicht genommen hätte. So strahlen auf Fig. 25, Taf. I von den 2 der 4 abgebildeten Epidermiszellen von Dracaena cong. feine Fäden in ziemlich dichter Stellung in die Außenwand ein; auf Fig. 1, Taf. II (Aloe arboresc.) strahlen an der Uebergangsstelle von der Außen- in die Seitenwand von einer kleinen Netzschicht eine ganze Anzahl überaus feiner, zum Teil gekörnter Fäden in die Außenwand, zum Teil bis in ihre Mitte ein und in Fig. 2 ist im Durchschnitt eine schmale, überaus engmaschige, durch die Außenwand zweier Zellen der Blattepidermis von Aloe arbor. sich hinziehende Netzlamelle abgebildet. Ebenso lassen auf Fig. 3 die inselförmig in die Cuticula von Aloe arbor. eingestreuten Netzlamellen und die fein- und dichtkörnig-fädigen oder genetzten Abschnitte der Membranen der Epidermiszellen von Rhododendron auf Fig. 4—7 nicht den geringsten Zweifel über die morphologische Beschaffenheit der von mir beschriebenen Membranstrukturen und zeigen ohne weiteres, daß von zahnartigen Fortsätzen der cutikularisierten Schicht gar nicht die Rede sein kann, sondern daß es sich um neue, bis-

her ganz übersehene Strukturverhältnisse handelt, deren Bestehen Strasburger auch dann noch entgangen ist, als er ausdrücklich daraufhin die Membranen untersucht hat.

Schon das Eindringen von mitunter bis zur Cuticula zu verfolgenden Protoplasmafäden in die Membranen, wie die Befunde von in den letzteren eingeschlossenen Netzlamellen und Netzschichten, die den Protoplasmanetzen nicht bloß gleichen, sondern hie und da auch mit denselben zusammenhängen, mußten darauf hinweisen, daß die Membranen kein Ausscheidungsprodukt des Protoplasma, sondern aus einer Umwandlung der äußersten Schichten desselben hervorgegangen sind. Das Gleiche ergab sich aus den Befunden über knotige, balken- oder plattenförmige, in die Zelllichtung vorspringende, mit Fäden des angrenzenden Protoplasma vielfach zusammenhängende, häufig noch Körnchen und Fäden einschließende Verdickungen der Membran, aus dem Nachweis von körnig-fädigem oder genetztem Protoplasma in den Membranen in der Umgebung von Membranlücken und aus der Bildung neuer Membranlamellen aus wandständigen Protoplasmaschichten beim Dickenwachstum von Haarmembranen.

Im Umfang von größeren Membranlücken in den Quer- und und Seitenwänden der Epidermiszellen der Blätter von Rhododendron und Dracaena[1]) schärft sich häufig die Membran zu, und die Begrenzung der Lücke ist keine scharfe, indem die innerhalb der Lücke befindlichen Protoplasmanetze ganz allmählich und ohne alle scharfe Grenze in solche übergehen, welche in dem verdünnten Membranabschnitt enthalten sind; es treten in dem letzteren die Körnchen und Fäden der Netze um so weniger scharf und deutlich vor, je mehr die zwischen ihnen befindliche und anfangs schwach brechende Substanz an Dichte zunimmt, bis sie schließlich innerhalb der letzteren nicht mehr unterschieden werden können, die Membran im weiteren Umkreis der Lücke ein homogenes oder nur sehr undeutlich granuliertes Aussehen darbietet.

Der im oberen Teil der einfachen Haare von Urtica und Heliotrop enthaltene solide Kegel von neugebildeter Membransubstanz, sog. Callusmasse, schließt häufig kleine abgekapselte Höhlungen mit netzförmigem, durch Methylgrün und Jod sich lebhaft färbendem Protoplasma ein, dessen Fäden mit der Wand der Höhlung verschmelzen oder sich in die Substanz des Kegels hinein ver-

1) Beobachtungen etc. S. 10 u. 21.

folgen, streckenweise auch noch innerhalb des letzteren ihre netzförmigen Verbindungen erkennen lassen [1]). Mit Eintritt der Solidifizierung des die Höhlung erfüllenden Protoplasmas bleiben zwar die Netze zunächst noch sichtbar, verlieren aber ihre Tinktionsfähigkeit und werden zunehmend und in gleichem Maße undeutlicher, als die Substanz, in welche sie eingebettet und in welcher sie wie eingeschmolzen sind, dichter und glänzender wird, bis sie schließlich innerhalb derselben gar nicht mehr unterschieden werden können. Tingierte, in den Höhlungen des Spitzenkegels enthaltene Netze setzen sich mit ihren Fäden direkt in ungefärbte fort, welche in bereits solid gewordener Grundsubstanz eingeschlossen sind. Auch an der Kegelbasis läßt sich, so lange dieselbe noch schwach brechend ist, häufig ein direkter Zusammenhang zwischen den innerhalb derselben befindlichen Netzen und denen des unmittelbar benachbarten, der Zelllichtung angehörigen Protoplasmas nachweisen, während überall da, wo die Substanz der Kegelbasis stark glänzend geworden ist, dieselbe eine homogene Beschaffenheit darbietet und keinerlei Strukturverhältnisse wahrnehmen läßt. Sowohl an den einfachen, wie an den Brennhaaren läßt ferner die jüngste, die Haarlichtung unmittelbar begrenzende Membranlamelle mitunter noch ein netzförmiges, hie und da durch eingestreute derbere Körnchen unterbrochenes Gefüge erkennen. Bei Bildung einer neuen Membranlamelle legt sich eine Netzlamelle nicht bloß der Innenfläche der Wandung an, sondern verschmilzt mit derselben, so daß sie bei Gerinnung des Zellinhalts durch Alkoholzusatz den sich retrahierenden Massen des Zellinhalts nicht zu folgen vermag, und es erscheint dann im Durchschnitt die innere Grenzlinie der Membran fein gezähnelt durch kurze, dicht gestellte Fädchen, die in den Zellraum frei einragen. Außerdem scheint es, daß die Bildung von neuen Membranlamellen stellenweise auch in der Weise zustandekommt, daß dicht gestellte Protoplasmakörnchen derber und glänzender werden, um schließlich miteinander zu verschmelzen. So fand ich in den Brennhaaren von Urtica, daß die innere Grenzlamelle der Membran mitunter Unterbrechungen ihrer Kontinuität zeigt durch Reihen einzelner Körnchen, die zum Teil derber und glänzender sind als die Netzknotenpunkte, und an den Spitzenkegeln der einfachen Haare wird der basale Rand des Kegels mitunter nicht durch einen fortlaufenden, ununterbrochenen Saum, sondern durch eine Reihe derberer

1) l. c. S. 89 u. ff.

Körnchen gebildet, die zum Teil schon miteinander verschmolzen zu sein scheinen, zum Teil noch durch kleine Zwischenräume voneinander getrennt und dann bald durch sehr kurze Fadenstücke verbunden sind, bald nicht.

Aus dem Nachweis, daß die erste Anlage neuer Membranlamellen aus Netzlamellen hervorgeht, und daß der Membran angehörige Netzlamellen oder Netzschichten mit wandständigen Protoplasmanetzen zusammenhängen, ergiebt sich unmittelbar und zweifellos, daß entsprechend der schon vor geraumer Zeit von Pringsheim vertretenen Anschauung und den ähnlichen von Crüger und Dippel das Dickenwachstum der Membranen vorwiegend auf Kosten wandständigen Protoplasmas erfolgt [1]). Zu den gleichen Resultaten bezüglich des Dickenwachstums durch Apposition ist dann Schmitz [2]) gekommen, der meine Befunde und die aus denselben sich ergebenden Folgerungen kannte, dieselben aber ebenso wenig erwähnt, als Strasburger, der dagegen die mit den meinigen übereinstimmenden Befunde anführt, welche später E. Schmidt im Bonner Institut bezüglich der Entstehung der Callusmassen in älteren Borstenhaaren bei verschiedenen Pflanzen erlangt hat [3]). Bezüglich der Membranbildung bei Zellteilungen hat Strasburger [4])

1) Die Möglichkeit eines Dickenwachstums der Membranen durch Intussuszeption ist keineswegs auszuschließen, namentlich mit Bezug auf das von mir an den Außenwandungen der Epidermiszellen der Blattstiele von Pelargonium Z., beobachtete und von Schwund der Cellulose begleitete Auftreten von Schwellungen und Erweichungen innerhalb deren Netze von protoplasmatischer Beschaffenheit deutlich vortreten, die mit den intracellularen kontinuierlich zusammenhängen (Jenaische Zeitschrift, Bd. 18). Kommt es innerhalb der erweichten Abschnitte nachträglich wieder zur Abscheidung von Cellulose, so würde die Membran ihr früheres Aussehen wieder erlangen, ihre Dickenzunahme aber nicht durch Appositionswachstum bedingt sein. Ebenso dürfte auf vorübergehende Erweichungsvorgänge bei Erklärung des Zustandekommens des Längenwachstums Rücksicht zu nehmen sein.

2) Sitzungsbericht der Niederrheinischen Gesellschaft für Natur- und Heilkunde, Juli u. Dez. 1880. Auch Baranetzky schließt aus seinen Beobachtungen über die Wandverdickungen der Membranen im Parenchym der Wurzeln, des Stengels und der Blattstiele einer größeren Anzahl Pflanzen, daß das Dickenwachstum der Membranen durch successive Anlagerung neuer Schichten bewirkt wird. Annales des scienc. natur. Tome IV, 1886.

3) Bau und Wachstum der Zellhäute, S. 139.

4) Sitzungsbericht der Jenaischen Gesellsch. für Medizin u. Naturwissensch., 18. Juli 1879.

kurze Zeit vor meiner ersten Mitteilung über die Struktur der Membranen und über ihre Beziehungen zum Protoplasma berichtet, daß an sich teilenden Zellen von Tradescantia die neuen Membranen durch sich teilende kleine Körper gebildet werden, die er aber nicht für Protoplasma-, sondern für Stärkekörner hielt, die direkt miteinander zur Bildung der Cellulosenmembran verschmelzen. Den Nachweis, daß es sich thatsächlich um Stärkekörner handelte, konnte Strasburger hier nicht führen, weil bei der geringen Größe der nur in einfacher Schicht zur Zellplatte angeordneten Körnchen die Jodreaktion vollständig durch die Färbung der Zellfäden verdeckt wird; dagegen gelang es Strasburger an den Zellplatten von Nothoscordum, an denen im Endosperm der Phanerogamen zu Beginn der freien Zellbildung und ebenso an der Wandung von Spirogyren den Nachweis zu führen, daß die Scheidewandbildung mit einer Ansammlung von Stärkekörnchen beginnt, in betreff deren er es unentschieden läßt, ob sie aus den Zellplatten nach der Teilungsebene hingeführt werden, oder innerhalb derselben entstehen. Später hat sich Strasburger [1]) bezüglich dieser Angaben dahin geäußert, daß er auf Grund älterer Beobachtungen annehmen zu müssen geglaubt habe, „daß die Elemente der Zellplatte der Stärke oder Cellulose nahe verwandt wären und sich in manchen Fällen mit Jod blau färben ließen". Dagegen lauten die früheren Angaben ganz bestimmt dahin, daß es ihm gelungen sei, den Nachweis zu führen, daß die Scheidewandbildung mit einer Ansammlung von Stärkekörnchen beginnt, während von einer bloßen Annahme, daß dies der Fall, oder daß die Elemente der Zellplatte der Stärke oder Cellulose nur nahe verwandt seien, überhaupt nicht die Rede ist. Unter diesen Umständen würde gewiß niemand Strasburger die Priorität der Entdeckung streitig machen können, daß die Zellwand aus verschmelzenden Stärkekörnern entsteht, unmöglich kann man aber, wie es Wiesner [2]) thut, Strasburger den ersten Nachweis dafür zuschreiben, daß die Membran kein Ausscheidungsprodukt des Protoplasmas, sondern von diesem selbst gebildet ist.

Wiesner gelang es mit Hilfe neuer Methoden in allen untersuchten Membranen, mit Ausnahme derer von Pilzzellen, kleinste

1) Bau und Wachstum der Zellhäute, S. 172.

2) Untersuchungen über die Organisation der vegetabilischen Zellhaut. Sitzungsberichte der Wiener Akad. d. W., 1886, I. Abt. S. 58.

Formelemente, Dermatosomen, nachzuweisen. Durch längere Einwirkung von 1proz. Salzsäure und Erwärmen bei höherer Temperatur oder länger andauerndes Austrocknenlassen bei gewöhnlicher Temperatur können viele vegetabilische Gewebe zerstäubt, schon bei leisem Druck zu einem überaus feinen Pulver zerrieben werden. Werden dann zerstäubte Gewebe der Einwirkung gewöhnlicher Salzsäure oder der konzentrierten Kalilösung ausgesetzt, oder successive mit beiden Reagentien behandelt, so werden die Verbände zwischen den Dermatosomen gelöst und die Substanz der Membranen zerfällt bei Druck in Fäserchen und in Dermatosomen oder (nach Kalibehandlung) ganz zu den letzteren. Auch ohne vorausgehende Zerstäubung kann die Zellwand in Dermatosomen zerlegt werden, wenn sie in einem bestimmten Stadium der Einwirkung von Chromsäure oder von Chlorwasser einem Druck ausgesetzt wird.

Wie im Protoplasma und in der ersten Membrananlage, so sind auch in der noch wachsenden Membran die Plasmatosomen durch protoplasmatische Fäden zu Netzen verbunden; im ausgebildeten Zustand sind aber die Dermatosomen frei von Eiweißkörpern, bestehen ganz oder zum größten Teil aus Abkömmlingen derselben und sind nicht mehr als lebende Gebilde anzusehen. Wie die Plasmatosomen in Dermatosomen, so wandelt sich in der entwickelten Membran auch die zarte Gerüstsubstanz in Wandsubstanz um und bildet nach Karbonisierung, Salzsäure- und Kalibehandlung einen homogenen Schleim.

Die Wahrnehmung von in die Substanz der Membranen eindringenden Protoplasmafäden und der Nachweis, daß neue Membranschichten sich auf Kosten wandständigen Protoplasmas bilden, hatten mich schon geraume Zeit vor Wiesner veranlaßt, Membranen der Einwirkung von Säuren und Alkalien auszusetzen, um zu sehen, ob nicht durch die letzteren auch ganz homogene Membranen so verändert werden können, daß ihre ursprüngliche Zusammensetzung aus Netzen oder überhaupt aus geformten Teilen und aus einer homogenen, diese umschließenden Substanz wieder sichtbar wird [1]). Nach 1—2tägiger Einwirkung von 5—10proz. Liqu. Kali c. auf Brennhaare war in den gequollenen Membranlamellen wohl eine Granulierung oder Strichelung, aber kein netzförmiges Gefüge zu erkennen. Nach 48stündiger Einwirkung von konzentrierter Schwefelsäure spalten sich bei nachträglicher Quellung

1) Beobachtungen etc. S. 97.

in Wasser die Membranen der Brennhaare in einzelne Lamellen, die mit zunehmender Breite ihre scharfe Begrenzung und ihr homogenes Aussehen verlieren, einen matteren Glanz bekommen und ganz aus dicht zusammengedrängten, sehr feinen Fäden zu bestehen scheinen. Die letzteren verlaufen der Haaraxe parallel oder etwas schräg zu derselben, sind bald wie durcheinander geflochten, die einzelnen immer nur auf sehr kurze Strecken sichtbar, bald bilden sie Bündel längerer, gerader und paralleler oder etwas welliger Fäden, die einzelne gabelige Spaltungen und Anastomosen erkennen lassen. An Stellen, wo die Quellung einen höheren Grad erreicht hat, liegen die Fibrillen weniger dicht und es läßt sich dann feststellen, daß sie zum Teil Netzen angehören, aus fortlaufenden, zusammenhängenden und gleichgerichteten Netzbruchstücken sich zusammensetzen. Es hatte sich somit meine Vermutung, daß auch ganz homogene Membranen noch die Netzlamellen einschließen, aus denen sie hervorgegangen sind, als richtig erwiesen. Im unveränderten Zustand der Membranen sind die letzteren nur deshalb nicht sichtbar, weil die Substanz, in welche sie eingebettet sind, ein ebenso starkes Brechungsvermögen erlangt hat, wie die Netzteile selbst. Durch Behandlung mit Schwefelsäure und Wasser quellen die Membranen, die die Netze einschließende Substanz aber in stärkerem Grade als die Netze, die nun, infolge der eingetretenen Differenz im Brechungsvermögen wieder sichtbar werden.

Ganz analoge Strukturen aber, wie sie an den Membranen der Brennhaare von Urtica erst nach der Säurewirkung und Quellung eintreten, hatte ich schon an ganz unveränderten Membranen der einfachen Haare und an den Membrananlagen der Brennhaare nachweisen, und damit, wie durch die entsprechenden Befunde in den Membranen der Blattepidermis verschiedener anderer Pflanzen, den thatsächlichen Nachweis für das thatsächliche Bestehen von Strukturverhältnissen liefern können, das Wiesner, dem meine Befunde ohne Zweifel ganz unbekannt geblieben sind, nachträglich aus den seinigen erst erschlossen hat.

An den Brennhaaren zeigt die jüngste, in der Bildung begriffene Membranlamelle nicht bloß ein netzförmiges Gefüge, sondern hie und da auch eine quere oder schräge Schraffierung durch nach diesen Richtungen hin vorwiegend entwickelte Fibrillen und in den soliden Spitzenkegeln der einfachen Haare treten sowohl einzelne glatte, gekörnte oder Knötchen tragende feine Fibrillen als Bündel derselben auf, die bald mehr in der Richtung der Haar-

axe, bald quer oder schräg zu derselben verlaufen und namentlich von der Kegelbasis aus büschel-, im Durchschnitt fächerförmig ausstrahlen. Auch hier läßt sich häufig nachweisen, daß die einzelnen Fäden sich aus gleichgerichteten Bruchstücken sehr engmaschiger Netze zusammensetzen.

Im Innern der Haare waren wohl einzelne Fibrillen, Fibrillenlagen oder Bündel dagegen nicht wahrnehmbar und es läßt sich deshalb annehmen, daß entweder bei Anlage einer neuen Membranlamelle das Protoplasma von Anfang an sich der Innenfläche der fertigen Membrane teils in Form von Fibrillen, teils als genetztes anlegt oder daß eine anfangs netzförmige Anlage eine Umbildung erfährt, ein Teil der Netzsubstanz eine fibrilläre Beschaffenheit erlangt. Schmitz hat dagegen eine fibrilläre Struktur nicht bloß in neugebildeten Membranen, sondern dieselbe als eine präformierte auch in dem angrenzenden Protoplasma wahrgenommen. Derselbe fand in den Zellen der Wurzelhülle von Orchideenluftwurzeln eine Membranverdickung in Gestalt zahlreicher, dicht gedrängter, sehr feiner Fasern; beim ersten Sichtbarwerden derselben zeigte aber auch die äußerste Schicht des Protoplasmaschlauchs die gleiche Zeichnung, bestand ganz aus einer einfachen Lage paralleler, nur hie und da verzweigter, derberer Fibrillen, die mehr oder weniger zahlreiche Mikrosomen führten und teils ganz homogen erschienen mit fein gekörnter Oberfläche, teils etwas breiter waren und fein punktiert erschienen. Der innere Schicht des ziemlich dünnen Protoplasmaschlauchs war teils fein punktiert, teils netzförmig gezeichnet.

In zum Teil ganz ähnlicher Weise wie die Membranen der Brennhaare nach Behandlung mit konzentrierter Schwefelsäure und Wasser verhalten sich die Membranen der Epidermiszellen von Euphorbia c., wenn Schnitte durch die getrockneten Blätter 10 Minuten lang der Einwirkung rauchender Salpetersäure ausgesetzt, ausgewaschen und mit Ammoniak behandelt werden. In den gequollenen Zellwänden, namentlich den Außenwänden, treten bald nur einzelne, den Grenzflächen der Membranen parallele zartere oder derbere Lamellen auf, bald ist die Membran zu einer größeren Anzahl derselben zerfallen, die in konzentrischer Schichtung das Zelllumen teilweise umkreisen, andere Male ist das Gefüge der Membran ein fein fibrilläres oder netzförmiges oder dieselbe ist homogen oder sehr fein und blaß granuliert (Taf. II., Fig. 9—18). Sehr häufig treten in derselben Wandung sowohl Lamellen als Abschnitte mit einer fibrillären oder netzförmigen Struk-

tur hervor und manche der Lamellen nehmen unter Verbreiterung ein granuliertes Aussehen an oder laufen ganz allmählich in feinkörnige, genetzte oder fibrilläre Membranabschnitte aus (Fig. 13—15 von Längsdurchschnitten). Nach ihren Besonderheiten zeigen die Membranstrukturen ein wechselndes Verhalten.

1) Netzschichten oder Netzlamellen fanden sich nur in den inneren, an die Zelllichtung angrenzenden Membranabschnitten (Taf. II, Fig. 13 von einen Längsdurchschnitt, Fig. 17 und 18 von Flächenschnitten); statt der Netze treten mitunter Anhäufungen ziemlich dicht gestellter Körnchen auf mit einzelnen zwischen denselben noch zu unterscheidender und zum Teil mit ihnen zusammenhängenden sehr kurzen Fädchen.

2) Häufiger und oft in ihrer ganzen Dicke bestehen die Membranen aus dicht gedrängten, sehr feinen, vielfach mit Körnchen besetzten Fibrillen, die unter sich und mit zwischen ihnen befindlichen Lamellendurchschnitten mehr oder weniger parallel verlaufen und mitunter wie durcheinander geflochten erscheinen. (Fig. 15 und 16). Die einzelnen Fibrillen treten bald nur auf kurze Strecken vor und die Membran zeigt dann ein fein gestricheltes Aussehen, bald erreichen sie eine größere Länge und können einzelne bis zu $^1/_3$ der Länge der ganzen Zellwand verfolgt werden. Zwischen den Fibrillen treten Körnchen (solche oder Fadendurchschnitte) bald nur spärlich, bald in größerer Zahl hervor. Von zarteren Lamellen unterscheiden sich die Fibrillen durch ihre größere Feinheit und durch ihren Besatz mit Körnchen.

3) An Durchschnitten ist an homogenen Außenwänden und an solchen mit Lamellendurchschnitten sehr häufig eine radiäre Streifung sichtbar, die durch feine, den Fibrillen gleichende Fäden bewirkt wird, welche die Membranen in ihren inneren oder äußeren Abschnitten oder in ihrer ganzen Dicke durchsetzen und sich mit den Lamellendurchschnitten mehr oder weniger rechtwinklig kreuzen (Fig. 9—12 an queren Durchschnitten, Fig. 14 an einem Längendurchschnitt). Die einzelnen Fäden durchsetzen immer nur einen Teil der Zellwand, nicht selten verlaufen aber eine Anzahl kurzer, durch kleinere oder größere Zwischenräume getrennte Fibrillenstücke in der gleichen Richtung, so daß an Querdurchschnitten das Bild von Strahlen entsteht, die von der inneren Membrangrenze entspringend nach außen divergieren und unter Umständen bis dicht unter die Cuticula verfolgt werden können (Fig. 9 und 10). Neben Fäden mit radialem Verlauf finden sich andere, die in mehr schräger Richtung die Zellwand durchsetzen

und hie und da derbere, meist ziemlich kurze, stäbchenförmige Gebilde von homogener oder granulierter Beschaffenheit, deren Vorkommen auf die inneren Membranabschnitte beschränkt ist.

Die radiären Fäden lassen sich häufig bis zur inneren Membrangrenze verfolgen, einzelne aber entspringen nachweislich aus dem wandständigen Protoplasma, wie auch wandständige Netzschichten sich kontinuierlich bis in die Membran hinein verfolgen lassen.

Die in den Membranen vortretenden Fadenstrukturen unterscheiden sich ziemlich auffallend durch ihr blasseres Aussehen von dem intracellularen, durch die Säure veränderten Protoplasma und auch wandständige Netzschichten desselben bieten zum Teil das gleiche blasse Aussehen dar wie die der Membran angehörigen Fäden. Zur Markierung dieses Unterschieds sind auf den Abbildungen die glänzenden intracellularen protoplasmatischen Teile dunkel gezeichnet. Sehr auffallend trat derselbe auf Fig. 17 hervor, wo die glänzende, den oberen und unteren Umfang der Zelle bekleidende Protoplasmalamelle am linken Umfang der Zelle übergeht in eine feinfädige, sehr blasse Netzschicht, welche bereits in die Membrane eingreift; in ähnlicher Weise tritt dies Verhalten auf Fig. 18 vor, wo eine ziemlich weitmaschige Netzschicht vom linken Pol der einen Zelle aus sich ziemlich tief in die hier sonst homogene Membran einsenkt (Flächenschnitt).

Die parallel fibrilläre Struktur der Membranen wie der ziemlich regelmäßige Verlauf der Radiärfäden lassen vermuten, daß die Netzschichten des Protoplasma sich bei der Membranbildung in bestimmter und regelmäßiger Weise angeordnet haben. Auch hier erfolgt die Bildung und Verdickung der Membran auf Kosten von Netzlamellen des Protoplasmas, die Netzstruktur wird aber erst mit dem Eintritt einer stärkeren Quellung wieder sichtbar. Ganz analoge nur weniger deutlich vortretende Strukturverhältnisse wie nach Behandlung mit rauchender Salpetersäure und Ammoniak treten in den Außenwandungen auf, wenn trockene Schnitte ein paar Minuten lang in verdünnter Kalilauge (1 : 2 W.) bis zum Sieden erwärmt werden.

Daß die von Wiesner künstlich von Membranen isolierten Gebilde aus Netzgerüsten hervorgegangen sind, läßt sich kaum bezweifeln, dagegen ist die Annahme irrig, daß die Membranen überall nur aus veränderten Netzgerüsten und aus kapillarem, wie aus Quellungswasser bestehen. Wiesner stützt sich bei dieser

Annahme, beim Mangel eigener Untersuchungen, auf die Angaben Strasburger's, nach dem die Membranen und Zellscheidewände wie ihre Verdickungsschichten durch mikrosomenhaltiges Protoplasma angelegt werden, das sich dann in Cellulose umwandelt. Nach Strasburger [1]) schwinden aber die Mikrosomen [2]) bei der Membranbildung, werden verbraucht und man begreift unter diesen Umständen nicht, wie sie trotzdem in der entwickelten Membran als Dermatosomen persistieren sollen.

An frischen Membranen wie an Alkoholpräparaten zeigen sowohl die in den Membranen sichtbaren Netze ein verschiedenes Verhalten als auch die Grundsubstanz, in welche die Netze eingebettet sind.

Bereits in den ersten Mitteilungen und ebenso in den späteren habe ich hervorgehoben, daß an allen Stellen, wo innerhalb der Membranen oder im Bereiche der Cuticula der Blattepidermis Netzlamellen oder Netzschichten auftreten, die Netzbestandteile häufig durch stärkeren Glanz und durch etwas größere Derbheit vor denen des Protoplasma sich auszeichnen. Die Netzmaschen sind dann entweder von sehr schwach brechender Substanz erfüllt, treten sehr hell und deutlich vor und ebenso grenzen sich Fäden und Knotenpunkte scharf ab oder die die Maschen erfüllende Substanz ist stärker brechend, die Netzteile treten weniger scharf vor und häufig lassen sich dann nur noch die Knotenpunkte mit einzelnen der sie verbindenden Fäden, immer aber mit verwaschener Begrenzung unterscheiden. Andere Male sind weder die Netzteile verdickt und stärker glänzend, noch findet sich in den Maschen stärker brechende Substanz und es läßt sich dann zwischen den Netzen innerhalb der Zelle und denen innerhalb der Membranen ein wesentlicher Unterschied im Aussehen gar nicht erkennen. In derselben Netzschicht alternieren häufig kleinere und größere in der bezeichneten Weise veränderte Netzabschnitte mit anderen unveränderten und außerdem können auch in unmittelbar benachbarten Lamellen die Netze ein wesentlich verschiedenes Verhalten

1) l. c. S. 80, 121, 174.

2) Die Bezeichnung der Protoplasmakörnchen als „Mikrosomen" ist wohl eine der unglücklichsten und nichtssagendsten in der ganzen Zelllitteratur. Wir erfahren durch diesen Ausdruck nichts Neues über die Beschaffenheit der Körnchen und, wollen nur ihre Größe näher bezeichnen, so müssen wir sagen: große oder kleine Mikrosomen oder Kleinkörper, was doch viel umständlicher ist, als die übliche Bezeichnung: derbe und feine Körnchen.

darbieten. So trifft man mitunter in der Blattepidermis von Dracaena sehr schwach brechende Speziallamellen mit auffallend blassen, in einer nur wenig schwächer brechenden Grundsubstanz eingeschlossenen Netzen, während in der unmittelbar angrenzenden körnig-fädiger Schicht die Netzteile sehr scharf vortreten und viel stärker brechend sind. An mit ihren Flächen vortretenden, aber bei etwas schräger Schnittführung durchschnittenen, ein netzförmiges Gefüge darbietenden Seiten- und Querwänden (Dracaena Dr.) wird der Schnittrand überall durch einen glatt fortlaufenden linearen, nur durch vereinzelte kurze, frei vortretende Fadenstümpfe unterbrochenen Kontur begrenzt, sobald die Grundsubstanz eine dichtere Beschaffenheit besitzt; es sind dann die Fäden mit der Grundsubstanz so innig verkittet, daß sie aus ihrer Verbindung mit derselben nur hie und da durch den Schnitt ausgelöst werden. An Stellen dagegen, wo dies nicht der Fall, fehlt ein linearer Kontur und es ragen einzelne Fäden in dichter Folge bald mehr bald weniger weit hervor.

Auch bei der Solidifikation von Intercellularen zeigt sich, daß Körnchen und Fäden des Protoplasma von neugebildeter Cellulose umschlossen werden und mit zunehmender Dichte der letzteren, oder auch bei gleichzeitiger Abnahme ihres eigenen Brechungsvermögens weniger deutlich vortreten, ganz oder bis auf eine undeutliche Granulierung schwinden, während Einschlüsse von Protoplasmakörnern, von kleinen Stärkekörnern und Chlorophyllkörpern noch unterschieden werden können [1]).

1) Das Vorkommen von Protoplasma in den Intercellularen wurde von mir bereits 1880 für die Intercellularen in den Blättern von Dracaena und Rhododendron und für Dracaena außerdem noch der Befund konstatiert, daß die protoplasmatischen Einschlüsse der Intercellularen durch Membranlücken mit dem Netzplasma der anstoßenden Zellen zusammenhängen (Beobachtungen etc. S. 9 u. 21). Später fand ich intercellulares, mitunter auch einzelne Stärke- und Chlorophyllkörner einschließendes Protoplasma auch in den Intercellularen des Collenchyms der hypokotylen Stengelglieder von Ricinuspflanzen (Jen. Zeitschr. Bd. 17), in den Intercellularen der Wurzelrinde der letzteren und in den Intercellularen des Collenchyms der Blattstiele von Pelargonium z. (Jen. Zeitschr., Bd. 18, S. 599). Bei Anführung der von Tangl gemachten Beobachtungen über Perforationen von Zellmembranen durch Protoplasmafäden sagt Russow (Sitzungsbericht d. Dorpater Naturforscher-Gesellschaft, Sept. 1883), daß er sich der Kritik Gardiner's über meine Untersuchungen anschließe und deshalb nicht auf dieselben einzugehen brauche. In derselben Abhandlung fügt aber Russow seinen Mitteilungen die Be-

Aus den mitgeteilten Befunden hatte sich ergeben, daß der Membran zugehörige und zum Teil mit dem intracellularen Protoplasma zusammenhängende Fadenstrukturen oder Netze bald denen des letzteren gleichen, bald größere Derbheit und stärkeren Glanz erlangt haben, daß ferner die Zwischensubstanz bald schwach, bald stärker brechend ist und im letzteren Fall das Undeutlichwerden oder Verschwinden der protoplasmatischen Teile bedingen kann, und daß auch in homogenen Membranen die der Membrananlage zugehörigen protoplasmatischen Strukturen durch bestimmte, eine stärkere Quellung verursachende Reagentien wieder sichtbar gemacht werden können. Aus dem letzteren Umstand folgt aber keineswegs, daß alle homogenen Membranen Netze oder fibrilläre, dem Protoplasma zugehörige Strukturen einschließen. So schien mir das erwähnte Auftreten größerer, rundlicher, spindelförmiger oder unregelmäßig geformter und z. T. anastomosierender Gebilde, wie ich sie neuerdings in den Seitenwandungen von Dracaena (Taf. II, Fig. 8) wahrgenommen habe, die Deutung zuzulassen,

---

sprechung einer „interessanten, bisher übersehenen Thatsache“ hinzu, nämlich das Vorkommen von Protoplasma oder schleimigen Substanzen in den Intercellulargängen der Rinde verschiedener Gewächse. Diese interessante Thatsache war allerdings übersehen worden, aber nicht von mir, und meine ersten Angaben über dieselben finden sich in eben den Untersuchungen, deren Besprechung Russow durch die Kritik Gardiner's, wie er sich ausdrückt, überhoben war. Also für die neuen, von mir ermittelten Thatsachen, die nicht in den Kreis der Anschauungen Russow's paßten, acceptiert derselbe die von mir a. a. O. zurückgewiesene, in ihren Einwendungen ganz hinfällige Kritik Gardiner's, ignoriert meine Befunde über protoplasmaführende Intercellularen, und nun ist er es selbst, der zuerst diese neue, interessante Thatsache feststellt, wie dies denn auch Zimmermann (Encyclopädie d. Naturwissensch., Handbuch d. Botanik, S. 618) angiebt. Da der Nachweis des Vorkommens von intercellularem Protoplasma gar keinen Schwierigkeiten unterliegt, kann es nicht sowohl überraschen, daß Russow dieser Nachweis geglückt ist, wohl aber, daß diese Einschlüsse der Intercellularen so lange ganz übersehen werden konnten. Der erwähnten Kritik Gardiner's hat sich auch Tangl (Zur Lehre von der Continuität des Protoplasmas. Sitzungsberichte d. Wiener Akademie d. Wissensch., 90. Bd., I. Abt., 1884) angeschlossen, und, wenn er dieselbe als eine seiner Überzeugung nach völlig sachgemäße bezeichnet, so dokumentiert er dadurch nichts weiter, als daß seine Untersuchung, soweit sie die von mir ermittelten, von Gardiner bestrittenen Strukturverhältnisse betrifft, eine ebenso mangelhafte und ungenaue war als die des letzteren.

daß innerhalb umschriebener Bezirke Netzteile des Protoplasma zunächst untereinander zur Bildung homogener Körper verschmolzen sind, und daß erst dann in denselben Cellulose gebildet worden ist, ohne daß sich aber Cellulose und protoplasmatische Theilchen bei ihrer Feinheit und gleichmäßigen Verteilung gesondert wahrnehmen ließen. Daß thatsächlich Membranen in dieser Weise aus homogenen Plasmaschichten gebildet werden können, geht aus den folgenden Befunden hervor über

2) Bildung von Cellulosehäuten innerhalb der Intercellularen und der Zellen des Parenchyms der Knollen von Cyclamen europ. und Phajus grandifolius[1]).

Die Cellulosehäute innerhalb der Intercellularen des Knollenparenchyms von Cyclamen treten teils in Form von Scheidewänden auf, welche den Intercellularraum durchsetzen und mit seinen Wandungen verschmelzen, teils in Form von Hohlschalen- oder kapselartigen Bildungen, die entweder ganz frei im Innern der Intercellularen liegen, oder ihrer Wandung mit einem Teil ihres Umfangs anliegen oder mit derselben verschmolzen sind (Taf. III, Fig. 5—9). Mitunter liegen auch, wie in Fig. 8, zwei Kapseln im Innern einer Intercellulare. Wie die Zellmembranen, so weisen auch die Kapseln ziemlich häufig Lücken auf (Fig. 6 und 8), die mitunter, wie auch an den ersteren, dadurch zu stande kommen, daß die zugeschärft auslaufenden Endabschnitte der Membranen sich übereinander schieben und einen schmalen Spaltraum zwischen sich einschließen (Fig. 6). Vom äußeren und inneren Umfang der Kapsel prominieren mitunter zackige Fortsätze, und manche der in den Kapselraum einragenden erreichen beträchtlichere Dimensionen, bilden Blätter oder Balken, die unter Abnahme ihres Glanzes fein verstrichen auslaufen (Fig. 8). Der Kapselraum wird von körnig-fädigem oder genetztem Protoplasma, oder von homogener, sehr schwach brechender Substanz ganz oder teilweise erfüllt; ersteres ist auch im übrigen Inhalt der Intercellularen in wechselnder Menge enthalten, andere Male schließt derselbe keine geformten Teile ein. In Fig. 6 erstreckt sich vom unteren Umfang der Kapsel aus ein nach dem unteren Kantenwinkel spitz auslaufender Fortsatz einer bloßen, homogenen Substanz und in Fig. 7 war das Innere der Kapsel bis auf ein kleines

1) Im Auszug mitgeteilt im Anatomischen Anzeiger, 1886, Nr. 8.

Segment am linken Umfang von ähnlicher, schwach brechender Substanz ausgefüllt, die nur in der Mitte eine kleine, von Protoplasma erfüllte Höhle einschloß.

Innerhalb der Zellen tritt eine Neubildung von Cellulose meist in Form von an den Enden mehr oder weniger eingebogenen, den Zellwänden parallelen Lamellen und von Hohlschalen auf, während kapselförmige Gebilde in ihnen nicht wahrgenommen wurden (Fig. 10 u. 11). An ihren Enden laufen die Lamellen zugeschärft aus, ohne ihren Glanz zu verlieren, oder unter allmähliger Abnahme des letzteren setzen sie sich fort in Streifen oder Lamellen homogenen oder körnig-fädigen Protoplasmas; einseitig sind sie häufig mit einer Zellwand verschmolzen, so daß sie wie blattartige Fortsätze frei in das Innere der Zelle einragen. In den meisten Fällen war nur eine einzige Celluloselamelle im Innern der Zelle enthalten, mitunter dagegen deren 2 oder mehr, wie in Fig. 11, wo sich zwischen den beiden Lamellen rechts noch eine sehr dünne und blasse, mit ihnen verschmolzene der Fläche nach ausbreitet. Eine eigentümliche Membranbildung hatte in der Zelle Fig. 12 stattgefunden, indem hier am rechten unteren Kantenwinkel die untere Zellwand nicht mit der äußeren verschmolzen, sondern unter Verdoppelung der Wandung nach oben umbiegend weiter gewachsen ist und mit einem Fortsatz verschmilzt, der rechtwinklig von der äußeren Zellwand abgeht und weit in das Innere der Zelle eindringt.

Die neugebildeten Cellulosehäute besitzen vollkommen das Aussehen und den Glanz der Zellmembranen und nehmen nach Behandlung mit Jod und Schwefelsäure eine gleich tiefe blaue Färbung an wie diese. Die blassen, homogenen oder sehr blaß und fein granulierten Plasmalamellen, in welche die neugebildeten Membranlamellen mitunter auslaufen, werden zum Teil weder durch Jod noch durch die Behandlung mit Jod und Schwefelsäure gefärbt, zum Teil färben sie sich nach Einwirkung der letzteren Reagentien sehr blaßblau, während andere nur eine blaßgelbe Färbung annehmen, die schwächer ist, als die des Protoplasmas. Es läßt sich danach nicht wohl bezweifeln, daß hier sowohl homogenes als sehr blaß- und feinkörniges Protoplasma die Umwandlungen erfährt, welche zur Membranbildung führen, daß sein Gehalt an Cellulose anfangs noch ein geringer ist und dem entsprechend bald noch eine schwachgelbe Färbung, bald eine schwachblaue nach Jod-Schwefelsäurebehandlung eintritt.

In den zum Teil Protoplasma führenden Intercellularen des

Knollenparenchyms von Phajus grandif. und ebenso in den Zellen selbst finden sich gleichfalls häufig neugebildete, durch Jod und Schwefelsäure sich bläuende Membranlamellen, vereinzelt wurde ihr Vorkommen in den Zellen der Nährblätter der Tulpenzwiebel konstatiert, wo sie von der Wandung der Intercellularen ausgehend in die Zelllichtung eingewachsen waren, und ebenso vereinzelt in den Zellen des Mesophylls von Aloe arborescens. Hier waren mir diese Bildungen schon gelegentlich der ersten Untersuchungen über die Beschaffenheit des Protoplasma und der Membranen aufgefallen, ich hatte aber damals diese Befunde, gerade weil sie ganz vereinzelte blieben, gar nicht erwähnt.

Nach Behandlung der Schnitte mit Salpetersäure und Ammoniak färbt sich sowohl das intra- als das intercellulare Protoplasma safrangelb, am intensivsten die den Membranen anliegenden Schichten. Die sehr fein und blaß granulierte Substanz, welche manche Intercellularen teilweise erfüllt, ist dagegen farblos geblieben.

Durch Eosin wird das in den Zellen, wie das in den Intercellularen und in ihren Kapseln enthaltene Protoplasma gleichmäßig stark rot, durch Jodwasser und durch Chlorzinkjod gelb gefärbt.

Nach kurzem Verweilen der Schnitte in Alaunkarmin färben sich nur die Zellmembranen und die neugebildeten Cellulosehäute, das intra- und intercellulare Protoplasma nimmt dagegen erst nach 12stündiger Einwirkung der Färbeflüssigkeit eine blasse oder dunklere Rosafärbung an, während die homogene, schwach brechende, manche Intercellularen erfüllende Substanz auch dann noch farblos bleibt oder sich schwächer als die Membranen färbt.

Auch Berthold [1]) und Feist fanden, daß das intercellulare Protoplasma mit dem intracellularen in seinen Reaktionen übereinstimmt.

In Betreff des Nachweises, daß die intercellulare, körnig-fädige oder netzförmige, morphologisch wie nach ihren Reaktionen dem Protoplasma vollkommen gleichende Substanz auch in physiologischer Beziehung demselben gleichwertig ist, also aus lebender Substanz besteht, genügen die folgenden beiden, von mir früher ermittelten Thatsachen: daß 1) Netze des inter- und des intracellularen Protoplasmas öfter durch Fäden zusammenhängen, welche Membranlücken durchsetzen und mitunter grün gefärbt sind, und

1) Studien über die Protoplasmamechanik. 1886.

daß 2) die Intercellularen mitunter sowohl Stärke- als kleine Chlorophyllkörper einschließen [1]). Von einer Einschwemmung der letzteren kann, ganz abgesehen von anderen, früher von mir erörterten Gründen, schon deshalb gar keine Rede sein, weil sich diese Einschlüsse auch in Intercellularen finden, deren Binnenraum durch ihre Membran von der Umgebung ganz abgeschlossen ist. Der Nachweis von Strömungen in den Intercellularen ist für das Vorhandensein von lebender Substanz in denselben gar nicht erforderlich; man würde bezüglich des Inhalts von Zellen, in denen Strömungen nicht nachgewiesen sind, ebenso gut sagen können, daß Protoplasma, Stärke- und Chlorophyllkörner zwar denen von Zellen mit Strömungserscheinungen gleichen, aber nicht die gleiche Bedeutung haben.

Pilze fanden sich in den untersuchten Abschnitten des Knollens von Cyclamen überhaupt nicht, in dem von Phajus nur im untersten, schon makroskopisch durch seine braune Färbung auffallenden Abschnitt, in welchem übrigens neugebildete Membranen sich in gleicher Häufigkeit fanden wie im übrigen Parenchym: die braune Färbung wird bedingt durch die hell- bis dunkelbraunen protoplasmatischen Inhaltsmassen der Intercellularen und durch die ganz gleiche Färbung eines Teils der Membranen und der solid gewordenen Intercellularen. Es läßt sich mithin die Bildung von Cellulosehäuten innerhalb der Intercellularen wie innerhalb der Zellen nicht als eine hier durch das Eindringen von Pilzen bewirkte Reizerscheinung auffassen.

Schaarschmidt [2]) konnte konstatieren, daß das Vorkommen von Protoplasma in den Intercellularen ein allgemeines und weitverbreitetes ist, und giebt außerdem an, daß es sich mit einer besonderen Zellwand umgeben kann, die er als sein Produkt ansieht. Die so entstandenen Körper stellen wahre neue Zellen dar, die sich von den alten nur nach Form und Aussehen unterscheiden, und die Zahl der überhaupt vorhandenen Zellen kann auf diese Weise beträchtlich vermehrt werden. Infolge der Entwicklung dieser Zwischenzellen entstehen neue, sekundäre oder tertiäre Intercellularräume.

Die Angaben Schaarschmidt's sind mir nur aus Referaten

---

1) Beobachtungen etc. S. 21; zur Lehre von der Bildung der Membran der Pflanzenzellen. Jen. Zeitschr. f. Naturwiss. Bd. 17.

2) Nature, Jan. 1885.

bekannt, es kann aber keinem Zweifel unterliegen, daß SCHAARSCHMIDT ähnliche Bildungen wie die eben beschriebenen vor Augen gehabt hat. Als Zellen können dieselben nicht aufgefaßt werden, weil zwischen ganz oder größtenteils abgeschlossenen Cellulosekapseln und flachen oder nur etwas eingebogenen Celluloselamellen alle Übergänge existieren; wo sich die letzteren finden, wird es aber natürlich niemandem einfallen von einer Neubildung von Zellen in den Intercellularen oder in den Zellen zu reden. Es sind die kapselartigen Gebilde mit protoplasmatischem Inhalt nicht den Zellen als morphologischen Einheiten äquivalent, sondern den im Innern von Zellen neugebildeten Celluloselamellen. Übrigens ist die Membran als eine allseitige auch in völlig entwickelten Pflanzen kein notwendiges und unerläßliches Attribut der Zelle. Unter den Epidermiszellen der Blätter von Sanseviera c. waren mir an Flächenbildern einzelne durch ihre außerordentliche Länge aufgefallen, es zeigte sich aber, daß an den Stellen, wo man hätte erwarten dürfen, eine Querwand anzutreffen, eine solche zwar fehlte, daß sich dagegen die Primordialschläuche zweier aneinanderstoßender Zellen hier sehr deutlich voneinander abgrenzten, durch eine schmale lichte Spalte voneinander getrennt waren; die Konturen der beiden Primordialschläuche gingen jederseits unter leichter bogenförmiger Krümmung auf die längs der Seitenwände hinziehenden über.

Bezüglich des intercellularen Protoplasmas hatte ich, wie erwähnt, festgestellt, daß es Stärkekörner, Chlorophyllkörper und außerdem Körner entfalten kann, welche die gleiche Beschaffenheit darbieten, wie die im Protoplasma benachbarter Zellen enthaltenen oder in den Membranen eingeschlossenen. SCHAARSCHMIDT konnte ebenfalls in vielen Fällen das Vorkommen von Chlorophyllkörpern in den Intercellularen konstatieren, dagegen meint GARDINER [1]), daß ich mich und ebenso SCHAARSCHMIDT sich getäuscht haben müßte, da nicht abzusehen, was dieses Vorkommen für eine physiologische Bedeutung haben sollte. Es braucht kaum erwähnt zu werden, daß es ganz unstatthaft sein würde, eine wohl konstatierte anatomische Thatsache deswegen als auf Täuschung beruhend anzusehen, weil ihre physiologische Bedeutung sich nicht sofort übersehen läßt oder weil sie im Widerspruch steht mit den gerade herrschenden Anschauungen; im vorliegenden Fall ist aber die Schwierigkeit, das Vorkommen von Stärke und von Chlorphyll-

1) Nature, Febr. 1885.

körpern in den Intercellularen zu erklären, nicht größer als die, ihr Vorkommen in den benachbarten Zellen zu erklären, da das Protoplasma der ersteren desselben Ursprungs ist wie das der letzteren und intra- und intercellulares Protoplasma häufig direkt durch Membranlücken zusammenhängen. Russow [1]) hat sich zu der Bemerkung veranlaßt gesehen, daß die Befunde Schaarschmidt's über die sogen. Zwischenzellen und das Vorkommen von Chlorophyll in den Intercellularen so sehr aller bisherigen Erfahrung widersprechen, daß die Annahme, Schaarschmidt sei getäuscht worden, nicht unberechtigt erscheine.

Russow hätte besser gethan, seine Ansicht für sich zu behalten, er würde dann nicht in die Lage kommen zugeben zu müssen, daß dieselbe eine voreilige und irrige war. Wenn die in Rede stehenden Thatsachen aller bisherigen Erfahrung widersprechen, so folgt daraus nur, daß die bisherige Erfahrung eine unvollständige und mangelhafte war, und dieselbe wird durch die ersteren vervollständigt und berichtigt. Es wird sich vermutlich auch noch öfter ereignen, daß neue Thatsachen sich den herrschenden, auf mangelhafter Erfahrung beruhenden Anschauungen nicht anbequemen lassen, und es ist dann ziemlich belanglos, ob es Russow beliebt die ersteren anzuerkennen oder nicht.

III. Über Membranlücken.

In den Wandungen der Epidermis- und Mesophyllzellen von Dracaena und Rhododendron war von mir das Vorkommen von Fäden und Spalten konstatiert worden, die zum Teil sehr schmal, zum Teil weiter, mitunter den Durchmesser eines Kerns erreichten oder auch übertrafen und bald keine geformten Teile bald Protoplasmafäden und Körnchen oder Netzstreifen enthielten, durch welche die Körper benachbarter Zellen untereinander zusammenhängen. Gegenüber den Einwänden Gardiner's habe ich letzterem des längeren auseinandergesetzt, daß es sich nicht um Tüpfelbildungen mit einer Tüpfelmembran sondern um offene Lücken handelt, wie dies schon aus der Beschreibung in meiner ersten Mitteilung in der unzweideutigsten Weise hervorgeht. Schimper [2]) bezeichnete dann meine Angaben über Membranlücken wie andere, auf die ich noch zurückkomme, als „wunderbare Entdeckungen";

1) Sitzungsbericht der Dorpater Naturforschergesellschaft vom 24. Aug. 1887.

2) Botanisches Zentralblatt, Bd. XIX, Nr. 3.

daß Schimper derartige Entdeckungen nicht gemacht hat, ist allerdings nicht wunderbar, wohl aber, daß diese für die Stoffbewegung von Zelle zu Zelle und für die Verbindung der Zellkörper zu größeren Zellkomplexen so wichtigen Strukturverhältnisse so lange ganz überschen werden konnten. Ich habe verschiedenen Beobachtern Präparate mit Membranlücken, deren Durchmesser den eines Kerns zum Teil noch erheblich übertraf, vorgelegt und auf Taf. II, Fig. 19 und 20 eine Anzahl Membranlücken der Blattepidermis von Dracaena und Rhododendron, wie sie an Flächenschnitten vortreten, abgebildet.

Die Zelle Fig. 19 (Dracaena) weist außer zwei größeren, von körnig-fädigem Protoplasma erfüllten, noch eine sehr schmale Lücke auf und enthält außerdem eingeschlossen im wandständigen Protoplasma zwei glänzende, isolierte, anscheinend aus Membransubstanz bestehende Körner, wie sie sich vereinzelt auch im Bereiche der Lücken in Fig. 20, d und e, finden.

Fig. 20, a—e, Lücken in den Wandungen der Epidermiszellen von Rhodod. p.

Bei a greifen die Enden der beiden, die Lücke einschließenden Membranabschnitte übereinander, so daß ein schmaler Spalt entsteht, und schärfen sich gleichzeitig, wie auch in Fig. 19, zu; auch bei d und e sind die Enden der an der Lückenbildung beteiligten Membranabschnitte verschmälert. Bei c greift das untere Rudiment der Querwand mit drei zackigen Fortsätzen in die Lücke aus.

Häufige gelegentliche Befunde von Membranlücken in den Wandungen von Epidermis- und Mesophyllzellen anderer Pflanzen lassen nicht daran zweifeln, daß das Vorkommen der ersteren ein ziemlich verbreitetes ist. Ich habe bereits früher bezüglicher Befunde an den Wandungen der Epidermis- und Mesophyllzellen von Euphorbia c. Erwähnung gethan [1]) und gebe in Fig. 9, Taf. I, Abbildungen von Membranlücken der Zellen der Blattepidermis von Ficus elastica; die Lücke bei a wird von ein paar feinen Fäden durchsetzt (Flächenschnitt).

In großer Häufigkeit finden sich kleinere und größere Membranlücken in den Wandungen der Zellen des Knollenparenchyms von Cyclamen und erreichen auch hier mitunter einen Durchmesser, der den eines Kerns noch erheblich übertrifft, während die

1) Sitzungsbericht d. Jen. Gesellsch. f. Medic. und Naturwissenschaft, 1886.

kleinsten den eines Kernkörperchens besitzen. Nach Form und Größe gleichen die meisten den auf Taf. II, Fig. 21 g, in der Flächenansicht der Membran abgebildeten. Den Intercellularen fehlt mitunter eine ihrer Wandungen ganz (Taf. III, Fig. 1), oder die Richtung, nach welcher bei ihrem vollständigen Verschluß die Membranbildung erfolgt sein würde, wird nur angedeutet durch einen oder zwei zackige, von den entsprechenden Kantenwinkeln ausgehende Fortsätze. An der Lücke enden die Membranen selten verdickt (Taf. III, Fig. 4), sehr häufig dagegen, wie auch bei Dracaena und Rhododendron, etwas oder beträchtlich verdünnt, so daß sie im Durchschnitt zugeschärft in eine Spitze auslaufen (Taf. III, Fig. 2, 3, 5 und Taf. II, Fig. 21 a—f).

Die Lücke ist entweder leer, so daß die Zellen untereinander oder mit den Intercellularräumen frei kommunizieren, oder es findet sich in derselben, sie ganz oder teilweise schließend, körniges oder körnig-fädiges Protoplasma (Taf. III, Fig. 1, 2, 4, 5, Taf. II, Fig. 21, a, b, d, e, f), das sich häufig kontinuierlich in das in den betreffenden Zellen und Intercellularräumen enthaltene fortsetzt. Manche Lücken werden geschlossen durch eine sehr zarte, homogene oder sehr fein und blaß granulierte Plasmalamelle, in welche die Membranen mitunter ganz allmählich, unter Abnahme ihres Glanzes und ohne alle scharfe Abgrenzung auslaufen. Derartige Plasmalamellen gleichen ganz denen, in welche innerhalb der Zellen neugebildete Membranlamellen auslaufen. Andere Male gehen die Membranen gleichfalls ohne scharfe Grenze in Protoplasma von gewöhnlicher Beschaffenheit über, während sie meistens auch im Bereiche der verdünnten Abschnitte ihren Glanz behalten. Ziemlich häufig kommt die Bildung der Lücken in etwas abweichender Weise, nicht durch einen Defekt der Membran, sondern dadurch zu stande, daß bei Bildung der Membranen die betreffenden Abschnitte nicht miteinander, zur Bildung einer einzigen Membranlamelle verschmelzen, sondern aneinander vorbeiwachsen und frei auslaufend einen Spaltraum zwischen sich einschließen (Taf. III, Fig. 1, 3, 6). Sehr schmale Lücken können, wenn sie keine geformten Teile einschließen, bei der Profilansicht der Membranen leicht übersehen werden, indem bei ihrer Einstellung der sie umfassende Membranabschnitt im Diffusionsbild wahrgenommen wird. In der weitaus großen Mehrzahl der Fälle hat es nicht die geringsten Schwierigkeiten, die Lücken, auch ohne vorausgehende Färbung der Membranen, wahrzunehmen und nach Behandlung der Schnitte mit Jod und konzentrierter Schwefelsäure heben sich die

Lücken mit ihren gelben protoplasmatischen Einschlüssen so scharf von den blauen Membranen ab, daß sie selbst von so oberflächlichen und unfähigen Beobachtern, wie Schimper und Meyer, nicht leicht übersehen werden können.

In geringerer Häufigkeit als in den Knollen von Cyclamen finden sich Membranlücken im Parenchym der Nährblätter der Tulpenzwiebel, erreichen aber auch hier einen beträchtlichen, den eines Kerns bis um das Doppelte übertreffenden Durchmesser. Die Membranen der Parenchymzellen zeigten hier mitunter ein körniges oder fibrilläres Gefüge; die teils sehr feinen, teils derberen glatten oder gekörnten Fibrillen verlaufen teils parallel, teils sind sie wie durcheinander geflochten.

IV. Über das Auftreten von Chlorophyll in Zellmembranen.

Schon bei den ersten, die Struktur der Pflanzenzellen betreffenden Untersuchungen war ich überrascht durch das Vorkommen kleinerer und größerer Membranabschnitte, welche ganz die gleiche Färbung wie die Chlorophyllkörper und zum Teil auch analoge Strukturverhältnisse wie diese oder das Protoplasma darboten. Derartige grün genetzte und zum Teil scharf umschriebene, den Chlorophyllkörpern gleichende Gebilde fand ich in der Cuticula und in den Zellwandungen der Epidermis wie in denen des Mesophylls der Blätter von Rhododendron und Dracaena [1]). Neben den Beobachtungen über das Eindringen von Protoplasmafäden in die Membranen und über deren Zusammenhang mit innerhalb der letzteren befindlichen Netzlamellen und Netzschichten waren es zunächst diese Befunde, welche sich mit der Auffassung der Membran als einer vom Protoplasma nach außen abgeschiedenen, lebende Teile nicht einschließenden Hülle nicht vereinigen ließen. In der Cuticula der Blattepidermis von Dracaena fanden sich außerdem vereinzelt oder gruppenweise eingestreut auch gelbe, hellgrüne oder grüne Körnchen und Körner [2]).

Gardiner meinte, daß er nach einer sehr sorgfältigen Untersuchung in keinem Fall meine Angaben über das Vorkommen von Chlorophyll in den Membranen habe bestätigen können, und erfreut sich darin der Zustimmung Russow's. Schimper rechnet dieselben zur Kategorie der „wunderbaren Entdeckungen“ und

1) Beobachtungen etc. S. 10, 12, 13, 15, 16 und 21.
2) Untersuchungen über Struktur etc. S. 326.

A. Meyer betrachtet sie als Erzeugnisse einer außergewöhnlichen Fantasie.

Daß diese Befunde bisher ganz übersehen worden waren, war auffallend genug, vielmehr aber noch, daß dieselben bei einer eigens darauf gerichteten „sorgfältigen" Untersuchung nicht bestätigt werden konnten. Man sollte darnach meinen, daß im besten Fall sich vielleicht unter einer sehr großen Anzahl von Präparaten einzelne finden würden, an denen diese Strukturverhältnisse sich nachweisen ließen, und daß die Führung des Nachweises somit bis zu einem gewissen Grade vom Zufall abhängig sei. Auch dies ist nicht der Fall. Ich habe an einer geringen Anzahl frisch angefertigter Schnitte durch die Blattepidermis von Dracaena Draco verschiedenen, mit Untersuchungen tierischer and pflanzlicher Gewebe Vertrauten stets ohne Schwierigkeiten die grün gefärbten umschriebenen oder über mehrere Zellen sich verbreitenden Cutikularabschnitte demonstrieren können (kürzlich noch Herrn Carrington Purvis, B. Sc. aus Edinburg) und wie in anderen Punkten, so haben auch in dieser Beziehung meine späteren Untersuchungen die zuerst gemachten Befunde nur bestätigt und erweitert.

Die bezüglichen Befunde blieben, wie zu erwarten stand, keine vereinzelten, ich fand metamorphosierte grüne Membranabschnitte auch bei anderen Pflanzen [1]), wo sie zum Teil eine solche Ausdehnung erreichen, daß sie auch bei Anwendung von nur mittelstarken Vergrößerungen — ebenso wie die größeren Membranlücken und die Membranneubildung im Innern von Zellen — nur bei der flüchtigsten und oberflächlichsten Untersuchung bisher ganz übersehen werden konnten.

In spärlicher Menge und nur an vereinzelten Stellen finden sich einzeln oder truppweise grüne Körnchen, Körner und Fäden wie grüne flache, homogene oder granulierte Schollen der peripheren Schicht von Baumwollenfasern an — oder derselben eingelagert, in ziemlicher Häufigkeit treten dagegen in veränderten und verdickten Abschnitten der Cuticula der Haare und der Zellen der Epidermis der Blattstiele von Pelargonium nicht bloß grüne Körnchen und Körner, sondern auch umfangreichere Gebilde auf, welche die Chlorophyllkörper zum Teil an Größe sehr beträchtlich übertreffen, die gleiche Färbung wie dieselben und zum Teil auch das gleiche

1) Über Veränderungen der Membranen der Epidermiszellen und Haare von Pelarg. Zon. Jen. Zeitschr. Bd. 18.

Gefüge besitzen. So waren ein Teil der homogenen knotigen, schollen- oder schildförmigen Verdickungen der Cuticula, manche netzförmig differenzierte Erweichungschichten, kleinere und größere körnig-fädige Prominenzen der Cuticula wie auch öfter die verdickten, knopfförmigen Enden isolierter, fädiger Auswachsungen der Cuticula ganz oder teilweise grün gefärbt.

In überraschender Häufigkeit findet sich ferner eine grüne Färbung an homogenen, geschwellten Abschnitten der Cuticula und an den mehr oder weniger umfangreichen, aus solchen Schwellungen wie aus Auswachsungen hervorgegangenen Schichten genetzter oder körnig-fädiger Substanz an den Außenwandungen der Zellen der Blattepidermis von Euphorbia cyparissias und mauritanica und es konnten die grün gefärbten Membranabschnitte bei ihrer zum Teil beträchtlichen Mächtigkeit hier einer weiteren Prüfung rücksichtlich ihres chemischen und physikalischen Verhaltens unterzogen werden. Ein Teil der bezüglichen Befunde wurde bereits in einer früheren Mitteilung veröffentlicht [1]).

1. Verdickungen der Cuticula ohne Verlust ihrer homogenen Beschaffenheit.

An Durchschnitten erscheint die Cuticula bald nur an umschriebenen Stellen verdickt und stärker glänzend, bald erstreckt sich die Verdickung kontinuierlich über mehrere Zellen. Im ersteren Fall treten vereinzelte oder reihenweise über eine oder mehrere Zellen sich hinziehende halbkuglige oder ovale wie stäbchen-, spindel- oder keulenförmige Auftreibungen auf; im anderen Fall erscheint die Cuticula als eine fortlaufende derbe Faser oder als ein schmales Band und erstreckt sich bei häufig etwas wechselndem Durchmesser über die Außenwand einzelner oder mehrerer benachbarter Zellen, mitunter über Reihen von 5—10 derselben. Die verdickten Abschnitte gehen allmählich in benachbarte, nicht verdickte über, oder fallen steiler gegen die letzteren ab. Dickere Schwellungen erreichen den Durchmesser der Außenwand oder übertreffen denselben noch, meist ist aber im letzteren Fall bereits eine körnig-fädige Differenzierung ihrer Substanz eingetreten. Einige Male war die Substanz der verdickten Cuticula sehr schwach

1) Über Veränderungen der Außenwand der Epidermiszellen von Euphorbia c., palustr. u. mauritanica. Sitzungsbericht der Jenaischen Gesellsch. für Medizin u. Naturwissensch. 1886.

brechend und dieselbe nur längs ihres äußeren Randes zu einem glänzenden, im Durchschnitt als Faser vortretenden Saum verdichtet.

Ziemlich häufig sieht man an Durchschnitten die verdickte Cuticula nicht bloß mit körnigen und knotigen Prominenzen, sondern auch mit kurzfädigen Auswachsungen besetzt, welche letztere bei dichter Stellung, in ganz ähnlicher Weise wie bei Pelargonium, vielfach untereinander zur Bildung eines netzförmigen Gerüsts verbunden sind, mit ihren Enden aber frei nach außen vorragen. Es kann dabei die Cuticula als solche noch in ihrer ganzen Ausdehnung in Form einer fortlaufenden, den fädigen Besatz tragenden Faser vortreten, oder sie ist nur noch streckenweise kenntlich.

An Flächenansichten läßt sich bei einer und derselben Einstellung, je nach der größeren oder geringeren Konvexität der Außenwandungen, immer nur ein größerer oder geringerer Teil der Membranoberfläche übersehen. Die Schwellungen des Durchschnittsbildes erweisen sich zum großen Teil als Teile von Erweichungsherden, wie ich sie von der gleichen Beschaffenheit, aber häufig in viel größerer Ausdehnung und Mächtigkeit gleichfalls an den Außenwandungen der Epidermiszellen und an den Membranen der Haare von Pelarg. z. angetroffen hatte. Sie erscheinen als runde, ovale oder unregelmäßig begrenzte, mitunter in Fortsätze auslaufende und an ihrem stärkeren Glanz leicht kenntliche Abschnitte der Cuticula, die sich von den angrenzenden, nicht oder nur in geringerem Grade veränderten Abschnitten derselben mehr oder weniger scharf, mitunter durch eine dichtere Randzone abgrenzen. Sie treten bald nur vereinzelt an der Oberfläche der Zellfelder auf, bald sind die letzteren mit ihnen wie bepflastert, sind ganz homogen, oder enthalten bereits einzelne Vakuolen oder neben denselben auch körnige, aus der Differenzierung der Vakuolenwandungen hervorgegangene Substanz. Manche auf den ersten Blick ganz homogen erscheinende Heerde erweisen sich als bereits sehr fein, gleichmäßig und dicht granuliert, und es scheint, daß sich dann die feinkörnige Substanz direkt, ohne vorausgegangene Vakuolisierung aus der anfänglich ganz homogenen Herdsubstanz entwickelt hat.

Die meisten Herde sind ungefärbt, einzelne dagegen ganz licht gelbbraun, andere gelbgrün oder rein und gesättigt grün gefärbt. Eine homogene, gesättigt grüne Schwellung erreichte $^2/_3$ des Höhendurchmessers der unterliegenden Epidermiszelle.

2. Körnig-fädige Differenzierung der verdickten Cuticula.

Sehr häufig ist an Stelle der Cuticula über einzelnen Zellen oder über Gruppen und Reihen derselben körnige, körnig-kurzfädige oder netzförmige Substanz getreten.

An Durchschnitten finden sich hie und da Stellen, wo statt einer fortlaufenden Cuticula kurze oder längere einfache perlschnurartige Reihen glänzender, dicht gestellter, scharf umschriebener Körnchen auftreten, deren Dicke die der kontinuierlichen Cuticula in benachbarten, unveränderten Abschnitten derselben nicht übertrifft. Weit häufiger sind dagegen an Stelle der Cuticula halbmondförmige ovale oder spindelförmige Auflagerungen von körniger, körnig-fädiger oder netzförmiger Substanz auf die Außenwand vereinzelter zahlreicher Zellen getreten, welche die gleiche oder eine beträchtlichere Dicke als die homogenen Schwellungen besitzen. Sie bedecken die Außenwandungen von einzelnen oder von ein paar benachbarten Zellen ganz oder teilweise und finden sich namentlich häufig in den Vertiefungen zwischen benachbarten Zellen und füllen dieselben dann ganz oder teilweise aus. Ausgedehntere, wahrscheinlich aus verschmolzenen Erweichungsherden hervorgegangene Schichten körnig-fädiger Substanz erstrecken sich ebenfalls unter teilweiser oder völliger Ausfüllung der Vertiefungen zwischen den Außenwandungen benachbarter Zellen, kontinuierlich oder mit nur geringen Unterbrechungen über ganze Zellreihen, bilden Bänder, die Reihen von 5—30 und mehr Zellen überziehen, und deren an verschiedenen Stellen wechselnde Dicke die der Außenwandungen häufig mehr oder weniger beträchtlich übertrifft.

Entsprechend dem Befund von Durchschnitten zeigt sich bei Flächenansichten, daß bald nur im Bereiche der rinnenartigen, den Zellgrenzen entlang verlaufenden Vertiefungen sich an Stelle der Cuticula körnig-fädige, in Form glänzender, schmaler oder breiterer, nicht scharf begrenzter Leisten vortretende Substanz findet und die Rinnen ganz oder teilweise ausfüllt, oder daß die körnig-fädige Substanz auch die Oberfläche der von den Rinnen abgegrenzten Felder teilweise oder vollständig bedeckt. Andere Male sind die Rinnen frei und die Auflagerungen auf die mittleren Abschnitte der Felder beschränkt. Beträchtliche Dickendifferenzen der körnig-fädigen Cutikularschichten lassen sich auch an Flächenbildern beim Wechsel der Einstellung leicht nachweisen. Es kann

durch Ausfüllung der Rinnen die Membranoberfläche geebnet werden oder im Bereiche der Rinnen die körnig-fädige Masse das Niveau der Oberfläche der betreffenden Außenwände noch überragen, oder umgekehrt die Dicke der körnig-fädigen Schicht in den mittleren Partien der Felder eine beträchtlichere werden.

Nach der Beschaffenheit ihrer Formelemente zeigen die körnig-fädigen Schichten ein etwas wechselndes Verhalten. Sie bestehen meist aus dicht gestellten, derberen und feinen, mehr oder weniger glänzenden Körnchen und aus sehr kurzen, mit den letzteren vielfach, bald zur Bildung engmaschiger Netze, bald, häufig unter zickzackförmigem Verlauf, zu einem Reiserwerk verbundenen kurzen Fäden. In Betreff der Körnchen muß es vielfach dahingestellt bleiben, inwieweit es sich um solche oder um Fadendurchschnitte handelt. Mitunter schließen etwas derbere Körnchen und die mit ihnen zusammenhängenden Fäden relativ weite Lücken ein und dieselben werden dann ausgefüllt durch eine überaus blasse und zarte, feinkörnig-kurzfädige Substanz; andere Male enthalten die Schichten auch vereinzelt eingelagerte glänzende Körner oder derbere und längere Fäden, die bald parallel neben- oder übereinander verlaufen, bald sich überschneiden oder miteinander unter Bildung knotiger Verdickungen verbinden. In dünneren Schichten verlaufen diese Fäden meist in der Membranoberfläche mehr oder weniger parallelen Ebenen, in dickeren Schichten auch schräg oder senkrecht zur Oberfläche.

Der Kontur der Schichten an Durchschnitten ist sehr häufig ein glatter, gleichmäßig und geradlinig oder bogenförmig fortlaufender und wird mitunter durch die homogene, frei vortretende Grundsubstanz gebildet, in welche die Formelemente eingebettet sind, häufiger durch die letzteren selbst. Im letzteren Fall ist er entweder kontinuierlich fädig, oder es wird der im Durchschnitt gerade vortretende begrenzende, fortlaufende Faden oder die zu einem solchen vereinigten Fadenstücke durch einzelne Körnchen, resp. Fadendurchschnitte, oder durch Reihen derselben unterbrochen. Andere Male wird der Kontur unregelmäßig durch mehr oder weniger tiefe Einkerbungen, durch buckelförmige Vorragungen oder durch einzelne, frei nach außen vorragende ausgewachsene Fäden und Fasern.

Die Abgrenzung der körnig-fädigen Schichten von der benachbarten, unveränderten oder nur verdickten Cuticula ist bei Flächenansichten häufig keine scharfe, indem vielfach einzelne Körnchen, Gruppen und Reihen von solchen oder Streifen der

körnig-fädigen Substanz in die benachbarten Cutikularabschnitte ausgreifen; in den letzteren treten außerdem häufig kleinere Herde erweichter, noch homogener oder sich bereits zu Körnchen und Fäden differenzierender Substanz auf, die mit den ersteren, in ihrer ganzen Ausdehnung und Dicke differenzierten, zusammenhängen. An Durchschnitten sieht man an der Grenze der Schichten ihre Körnchen und Fäden meist unmittelbar an die nicht veränderte oder nur verdickte Cuticula stoßen, mit der sie durch sehr geringe Mengen einer schwach brechenden Zwischensubstanz verbunden sind, oder es scheint an der Uebergangsstelle die etwas verdickte Cuticula sich zu Körnchenreihen aufzulösen, oder in 2 oder mehr Fäden zu spalten, die in die Schichten einstrahlen. In ganz entsprechender Weise sieht man an Flächenansichten die aus der Substanz von Erweichungsherden differenzierten Fäden am Umfang der letzteren in die Substanz der den Herd begrenzenden Cuticula auslaufen.

Wie die homogenen Schwellungen, so zeigen auch häufig die körnig-fädigen Schichten teilweise oder in ihrer ganzen Ausdehnung eine gelbliche, gelbgrüne oder eine rein und gesättigt grüne Färbung von vollkommen demselben Farbenton wie die der Chlorophyllkörper (Taf. I, Fig. 1—5 u. Fig. 7). Gelbe Färbungen treten meist nur in beschränkter Ausdehnung und an Stellen auf, wo die wenig verdickte Cuticula sich zu einer einfachen Lage von Körnern und Körnchen oder zu einer dünnen Schicht von solchen gesondert hat. Die zwischen den Körnern und Körnchen befindliche helle Substanz war ungefärbt geblieben. Die gelbgrüne oder rein grüne Färbung findet sich dagegen sowohl an Schichten von beschränkterer Ausdehnung, als an solchen, die sich über Reihen von 3—6 und mehr Zellen hinziehen, betrifft dieselben teilweise oder in ihrer ganzen Ausdehnung. Die grüne Färbung haftet meist ebenfalls nur an den geformten Teilen, den Körnchen, Körnern und Fäden, etwas größere Lücken zwischen denselben erscheinen ganz ungefärbt, während einzelne gefärbte Fäden von den gefärbten Abschnitten in die anstoßenden ungefärbten eindringen, wie auch vielfach innerhalb sonst ungefärbter Schichten sich ganz vereinzelt oder zu kleinen Gruppen vereinigt grüne Körnchen finden. Einige Male waren dagegen nicht bloß die geformten Teile, sondern gleichzeitig auch die Zwischensubstanz deutlich gefärbt, wie sich namentlich deutlich an Durchschnitten durch Schichten zeigte, deren Begrenzung nicht durch

Körnchen und Fäden, sondern durch eine schmale Zone vollkommen homogener grüner Substanz gebildet wurde.

Noch auffallender als die Schichten körnig-fädiger Substanz auf den Außenwandungen sind die umschriebenen, gleichfalls durch die erstere gebildeten Hervorragungen. Schon die unveränderte oder nur geschwellte, aber noch homogene Cuticula ist mitunter mit vereinzelten oder zahlreicheren und dichter gestellten körnigen, fädigen, knotigen oder warzenförmigen Vorragungen besetzt oder mit glänzenden, runden, wie die ersteren mitunter gelb oder grün gefärbten Gebilden. Ziemlich häufig treten aber umschriebene, umfangreichere Prominenzen auf, die nach Form und Größe ziemlich beträchtliche Verschiedenheiten zeigen, bald flacher gewölbte Buckel darstellen, bald steiler ansteigend eine papillenartige Form besitzen. Ihr Höhendurchmesser übertrifft häufig den der zugehörigen Epidermiszellen und mit ihrer Basis sitzen sie bald nur einem Teil der Oberfläche der Außenwand einer Zelle oder der zweier benachbarter Zellen auf, bald der Oberfläche der Außenwand von einer oder von 2—3 benachbarten Zellen in ihrer ganzen Ausdehnung. In ihrer Umgebung ist die Cuticula bald unverändert, bald nur verdickt oder gleichfalls körnig-fädig.

Bezüglich ihrer Konturen und der Beschaffenheit ihrer Formelemente zeigen die umschriebenen Anhäufungen körnig-fädiger Substanz die gleichen Verschiedenheiten wie die schichtweise auftretenden, sind häufig teilweise oder ganz grün gefärbt, schließen andere Male nur vereinzelte grüne Körnchen und ungefärbte oder grüne homogene oder granulierte Körner ein, enthalten aber verhältnismäßig häufig, wie auch mitunter die schichtweise auftretende körnig-fädige Substanz, ziemlich scharf konturierte runde, ovale oder schmalspindelförmige Gebilde, die den Durchmesser stärkerer Netzknotenpunkte besitzen oder noch übertreffen, meist ungefärbt, zum Teil aber blaß oder gesättigt grün gefärbt sind. Durch Behandlung mit Jod nehmen sie, die grünen nach vorgängiger Entfärbung durch Alkohol, eine braune Färbung ein.

Stärkekörner oder Körnchen fanden sich weder in homogenen Schwellungen, noch in körnig-fädig differenzierten.

Manche der Schichten und Prominenzen enthalten statt der grünen licht- oder dunkelbraune, mitunter auch glänzend rotbraune Körnchen, Körner und Fäden bald nur vereinzelt oder in Gruppen und streifigen Zügen, bald bestehen sie ganz oder in ihrer größten Ausdehnung aus denselben (Taf. I, Fig. 6). Auch die grünen

Schichten und Prominenzen schließen häufig vereinzelte braune oder rotbraune Körner und Körnchen ein, die letzteren mitunter in größerer Zahl, so daß sie ein schmutzig olivengrünes Aussehen erhalten. Daß die braune Färbung eine Folge der Einwirkung des stark sauren Saftes der Blätter auf grüne Cutikularmassen sein kann, läßt sich nicht in Abrede stellen; diese Deutung ist aber unzulässig, wenn die gleiche braune Färbung vereinzelte oder in streifigen Anhäufungen in den letzteren eingeschlossene Körnchen betrifft. Vereinzelte Schichten enthalten braunschwarzes oder fast rein schwarzes, feinkörniges Pigment.

Die beschriebenen Veränderungen der Cuticula trifft man bald verteilt an verschiedenen Stellen der Blattober- oder Unterfläche, bald gehen mehr und weniger veränderte Abschnitte kontinuierlich ineinander über. Die braunen und grünen Färbungen der körnig-fädigen Substanz finden sich sowohl an der Ober-, als an der Unterseite der Blätter.

Werden Schnitte durch getrocknete, übereinander geklebte Blätter in Wasser gebracht und dann untersucht, so zeigt sich, daß die Zahl der körnig-fädigen Schichten und Prominenzen eine auffallend geringe ist, man trifft meist nur einzelne knospige oder spindelförmige, zum Teil grün gefärbte, homogene oder körnig-fädige Schwellungen, aber fast gar keine dickeren, ausgedehnteren, über eine Reihe von Zellen sich erstreckende Schichten. Die letzteren haben sich bei der Aufquellung der Schnitte meist abgelöst und man sieht Schollen, welche treue Abdrücke der Außenwandungen einzelner, mehrerer oder ganzer Gruppen von 1—12 Epidermiszellen darstellen, eine konkave Innen- und eine konvexe Außenfläche besitzen, in ziemlicher Anzahl frei in der Zusatzflüssigkeit herumschwimmen. Manche sind nur teilweise abgelöst und haften zum Teil noch der Außenwandung an oder sie sind einseitig mit der angrenzenden, nicht oder wenig veränderten Cuticula in Verbindung geblieben. Die gleichen Ablösungen finden statt nach Behandlung der trockenen Schnitte mit Terpentinöl. An den abgelösten Lamellen tritt infolge ihrer Aufhellung an Flächenansichten die fädig-körnige Struktur nur als eine sehr blasse hervor, sehr deutlich dagegen bei der Profilansicht. Ob die Aufhellung der Lamellen und das Verblassen ihrer Formelemente ausschließlich Folge ihrer Tränkung mit Terpentinöl ist, oder zum Teil auch davon, daß mikroskopisch nicht wahrnehmbare Teilchen von in Terpentinöl löslichen Substanzen in die Lamellen eingelagert waren, muß dahingestellt bleiben. Mitunter treten Ablösungen schon ein,

wenn die Schnitte von frischen Blättern aus 1proz. Zuckerlösung in Glycerin übertragen worden sind; aus der Kontinuität grüner Schichten ausgelöste, aber an der einen Seite kontinuierlich in die letzteren auslaufende, längs ihres äußeren Randes durch einen fortlaufenden glatten Kontur begrenzte Streifen oder Bänder grüner, feinkörnig-fädiger Substanz flottieren mitunter frei über den Außenwandungen von 3—5 und mehr Zellen und es läßt sich die Stelle deutlich unterscheiden, wo ihr freies Ende sich aus der zugehörigen Cutikularschicht abgelöst hat. Der flottierende, ausgelöste Teil der Schicht paßt genau in die durch die Auslösung entstandene Lücke.

Ganz analoge Veränderungen der Cuticula wie an den Blättern von Euphorbia c. finden sich an denen von E. palustris und mauritanica, deren Blätter außerdem wegen ihrer beträchtlichen Größe zur Untersuchung sehr geeignet sind.

Außer der Cuticula zeigten in einigen Fällen auch die Außenwandungen eine Beschaffenheit, die auf den Eintritt ähnlicher Veränderungen wie in der ersteren hinwies. Dieselbe hatte an Stellen, wo die Cuticula verdickt oder auch körnig-fädig differenziert war, unter Verlust ihres Glanzes mitunter in ihren ganzen Dicke oder nur in ihrem mittleren oder äußeren Abschnitt eine dicht und fein granulierte oder eine netzförmige Beschaffenheit angenommen und war gleichzeitig in ein paar Fällen grün oder braun gefärbt. Die veränderten Abschnitte gehen bald allmählich in benachbarte unveränderte über, bald sind sie ziemlich scharf umschrieben und machen den Eindruck von in die Außenwand eingesprengten gefärbten Knoten; einmal war gleichzeitig im Bereiche eines solchen die Außenwand verdickt, so daß sie nach außen buckelförmig vorgetrieben erschien.

Es treten ferner hie und da zwischen Außenwand und verdickter Cuticula spaltförmige, von heller, schwachbrechender, homogener oder sehr blaß körnig-fädiger Substanz erfüllte Räume auf, und einige Male hatte sich aus dem peripheren geschwellten Abschnitt der Außenwand eine Lage körnig-fädiger Substanz entwickelt, die von der abgehobenen Cuticula nur noch zum Teil überdacht wurde, zum Theil dagegen ganz frei nach außen vortrat. Andere Male bildete eine umschriebene Schwellung der peripheren Schicht der Außenwand einen nach außen prominierenden homogenen Buckel, auf dessen Anfangsteil sich gleichfalls die Cuticula als deutlich unterscheidbarer Überzug noch fortsetzte, um dann ganz mit seiner Substanz zu verschmelzen. In der Regel ist dagegen an den Schwellungen wie an den Auswachsungen nur die Cuticula beteiligt.

Mitunter kommt es auch vor, daß unmittelbar unter der Cuticula ein ihr ähnlicher, glänzender, faseriger oder körniger Kontur hinzieht, wenn die äußerste Schicht der Außenwand sich verdichtet hat. Man überzeugt sich leicht, daß dies der Fall, bei weiterer Verfolgung des zweiten, inneren Konturs bis zu seinem Verschwinden in den benachbarten Membranabschnitten. Ganz ähnliche Verdichtungen der äußersten Schicht der Außenwand sind von mir früher in der Epidermis der Blattstiele von Pelargonium Z. beobachtet worden.

Die gleiche grüne oder gelb-dunkelbraune Färbung wie die Cutikularschichten zeigt mitunter auch der protoplasmatische Inhalt der Epidermiszellen ganz oder teilweise (Taf. I, Fig. 5), und wie in den ersteren finden sich auch hier in manchen Zellen innerhalb grüner Protoplasmaschichten [1]) braune Körnchen und Körner nur vereinzelt eingelagert.

---

1) Auf das Vorkommen von vereinzelten grünen Fäden, Körnchen und Körnern, wie von grünen Netzstreifen und Schichten, die kontinuierlich mit den umgebenden ungefärbten Protoplasmanetzen zusammenhängen, habe ich bereits wiederholt aufmerksam gemacht (Epidermis- und Mesophyllzellen von Rhododendron, Aloe, Sanseviera c., Blattepidermis von Tulipa. Jenaische Zeitschrift für Naturwissensch., Bd. 18, S. 655); daſs aber A. Meyer bei seinen auf Erforschung des Chlorophyllkorns gerichteten, leider ganz unfruchtbaren Bestrebungen nichts davon wahrgenommen, sondern behauptet, daſs überall scharf begrenzte „Trophoplasten“ Träger des Chlorophylls seien, ist nicht zu verwundern, da er auch an den Chlorophyllkörpern nichts neues, sondern nur eine farblose Grundmasse und in derselben grüne Körner oder Kugeln, also mit anderen Worten nur eine körnige Beschaffenheit der Chlorophyllkörper wahrgenommen hat, die schon früheren Beobachtern aufgefallen und ganz bekannt war. Daſs aber die Körnchen sehr häufig nur die Durchschnitte feiner Fäden oder bei etwas gröſserer Derbheit die Knotenpunkte bezeichnen, in welchen die Fäden sich vereinigen, können auch sehr mittelmäſsige Beobachter wahrnehmen, da sich in Chlorophyllkörpern mit sehr engmaschigen Netzen auch Stellen finden, wo die Maschen weiter und die sie einschlieſsenden Septen etwas derber und deutlicher zu unterscheiden sind, wie in den Chlorophyllkörpern der Blätter von Dracaena und Sanseviera c. Daſs ferner der Farbstoff nicht bloſs an den Körnchen (den Körnern oder Kugeln Meyer's) haftet, sondern ebenso an den Netzfäden, zeigen neben den Befunden von vereinzelten grünen Körnchen und Fäden im Zellinnern auch die von grünen, relativ weiten, ganz farblose Maschen einschlieſsenden Septen, von einzelnen gefärbten, vom Umfang des Chlorophyllkorns abtretenden und in die umgebenden Protoplasmanetze eingreifenden Fäden, wie auch das Vorkommen von grauen Lücken

An feinen Durchschnitten sieht man an einzelnen Epidermis- und Mesophyllzellen Membranlücken, die teils leer sind, teils körnig-fädiges Protoplasma enthalten. An Schnitten durch getrocknete Blätter kommen außerdem rein quere Brüche vor, die nicht mit präformierten Lücken zu verwechseln sind und sich durch ihre scharfrandige Begrenzung wie dadurch auszeichnen, daß sich die Bruchenden häufig etwas gegeneinander verschoben haben, mitunter so weit, daß das Ende des einen Bruchstücks ganz über dem des anderen liegt.

Färbungen und Reaktionen der Membranen und ihrer veränderten, ungefärbten Abschnitte.

Im *Hanstein'schen* alkoholischen *Anilingemisch* färben sich die Schwellungen und die körnig-fädigen Schichten der Cuticula hell- bis dunkelviolett, aber nicht immer vollständig.

---

im Innern der Chlorophyllkörper von Aloe arboresc., die ganz von ungefärbten Netzteilen durchsetzt werden, die mit den umgebenden gefärbten zusammenhängen.

Auch Schimper (Untersuchungen über die Chlorophyllkörper und die ihnen homologen Gebilde. Pringsh. Jahrb., Bd. 16) behauptet, es sei als eine vollständig feststehende Thatsache zu betrachten, dafs der Chlorophyllfarbstoff nie aufserhalb der Chromatophoren auftritt, und er behauptet ohne irgend welche weitere Begründung, dafs die grünen Kugeln Meyer's keine soliden Gebilde, sondern von einer grünlichen, zähflüssigen Substanz erfüllte Vakuolen sind. Es sollen ferner diese Kugeln nicht durch Fasern netzartig verbunden sein, da in flachen, scheibenförmigen „Chloroplasten", wo sie in einfacher Schicht nebeneinander liegen, dieselben nicht den Querschnittt von Fasern darstellen, sondern wirklich Kugelgestalt besitzen. Nun folgt ja aus dem Nachweise, dafs in sehr vielen Fällen die Körnchen nur die Knotenpunkte von Netzen oder die Durchschnitte einzelner Netzfäden sind, keineswegs, dafs dies immer der Fall sein müsste, ebenso wenig läfst sich aber selbstverständlich aus den Fällen, wo nur Körnchen oder Körner in den Chlorophyllkörpern nachweisbar sind, folgern, dafs die letzteren überall die gleiche Beschaffenheit besitzen. Nach Schimper ist Pringsheim der erste, welcher den netzförmigen Bau der Chlorophyllkörper beschrieben hat; die bezügliche Mitteilung Pringsheim's ist in dem Monatsbericht der Berliner Akademie vom 13. Nov. 1879 enthalten, die meinige dagegen im Sitzungsbericht der Jenaisch. med.-naturwiss. Gesellschaft vom 21. Februar 1879 und bezieht sich vorwiegend auf frische und unter Anwendung indifferenter Zusatzflüssigkeiten untersuchte Objekte.

In *Alaunkarmin* werden im Verlaufe von $^1/_4$ Stunde nur die Zellmembranen und einzelne Kerne gefärbt, und erst nach längerem Liegen der Schnitte in der Lösung nehmen auch die Schwellungen und die körnig-fädigen Cutikularschichten ganz oder theilweise eine licht- oder dunkelviolette Färbung an.

Nach zweistündigem Verweilen der Schnitte in *Boraxkarmin* sind die Zellmembranen gar nicht, in den Zellen meist nur die Kerne lebhaft gefärbt, das Protoplasma wenig oder gar nicht. Die körnig-fädigen Schichten sind zum Teil gar nicht, zum Teil blaß oder dunkel, ebenso dunkel wie die Kerne gefärbt. Nach vorgängiger Alkoholbehandlung werden auch die grünen Cutikularschichten rot gefärbt. Ein ähnliches Verhalten zeigten die Schnitte nach Behandlung mit *Lithionkarmin* und salzsäurehaltigem Alkohol, nur traten innerhalb der rosa gefärbten Cutikularschichten die in dieselben eingelagerten runden oder nur unregelmäßig begrenzten Körner durch ihre lebhaft rote Färbung auffallend hervor.

Durch *Chlorzinkjod* werden die Cuticula und die geschwellten wie die körnig-fädigen Abschnitte derselben gelb—gelbbraun gefärbt, grüne Cutikularschichten dunkelbraun; die Chlorophyllkörper werden gleichfalls braun oddr braungrün gefärbt. Die Außenwandungen der Epidermiszellen bleiben ungefärbt oder werden blaßgelb, hie und da, wie auch die Wandungen der Zellen des Mesophylls, blaß blau gefärbt. An Stellen, wo unmittelbar unter der Cuticula die Außenwand ein körniges oder körnig-fädiges Gefüge zeigt, hat sie eine lebhaft gelbe oder rotbraune Färbung angenommen und erscheint dann von der Cuticula bald deutlich gesondert, bald ist sie, wenn die letztere beträchtlicher geschwellt und körnig-fädig differenziert ist, mit ihr verschmolzen, so daß die Grenze der Außenwand nicht mehr zu bestimmen ist.

Durch Behandlung mit *Jod* und *Schwefelsäure* werden nur die Membranen der Zellen des Mesophylls blau gefärbt.

Konzentrierte Schwefelsäure ruft in den veränderten Abschnitten der Cuticula, je nach Beschaffenheit derselben, verschiedene Veränderungen hervor.

1) Homogene und glänzende Körner, Kugeln, knotige Gebilde, wie im Durchschnitt bandartige, homogene, glänzende Schwellungen der Cuticula quellen ziemlich stark und werden entsprechend blasser, ohne ihr homogenes Aussehen zu verlieren. Nur ausnahmsweise nehmen sie nach der Quellung eine fein granulierte Beschaffenheit an.

2) Körnig-fädige Schichten zeigten ein wechselndes Verhalten.

a) Schichten mit glänzenden Stromateilen quellen stark, und die letzteren verschmelzen zu kugel- und wurstförmigen Gebilden, die nach vorgängiger Jodbehandlung zum Teil nur schwach violette Färbung annehmen.

b) Undeutlich granulierte, mattglänzende Massen quellen wenig oder nicht, hellen sich auf, und ihre Körnchen oder neben denselben auch sehr feine, blasse und kurze, mit den letzteren zusammenhängende Fädchen treten deutlicher vor.

c) Dunkle, trübe, körnig-fädige Schichten mit nicht glänzenden Stromateilen quellen meist nur in geringem Grade, verblassen, hellen sich auf und ihre Formelemente erscheinen zarter als vorher, treten aber mitunter, infolge der größeren Durchsichtigkeit der ganzen Schichten, deutlicher hervor. Einmal wurde eine solche Schicht erst ganz homogen, ließ aber nachher wieder eine zartere, blassere, feinkörnig-fädige Struktur erkennen.

Wenn innerhalb trüber körnig-fädiger Schichten glänzende Körner und größere glänzende Körper eingeschlossen sind, verschmelzen dieselben unter stärkerem Aufquellen meist untereinander, lösen sich zum Teil ab und schwimmen fort unter Zurücklassung der Substanz, in welche sie eingebettet waren, oder die letztere wird gleichfalls homogen und verschmilzt mit ihnen zur Bildung größerer, homogener, sich abrundender Massen.

Xanthoproteinsäurereaktion. Werden Schnitte für ein paar Minuten der Einwirkung rauchender Salpetersäure von 0,5 spezif. Gewicht ausgesetzt, mit Wasser abgespült und dann mit Ammoniak behandelt, so färben sich die Chlorophyllkörper gelb—gelbbraun, das Protoplasma blaßgelb bis safrangelb, die Gefäßwandungen lebhaft safrangelb oder orange. Die Membranen der Parenchym- und die der Epidermiszellen zeigen meist keine oder nur eine sehr schwach gelbe Färbung, die an den letzteren noch häufiger eintritt als an den ersteren und an den Außenwandungen ziemlich regelmäßig im Bereiche ihrer äußeren Schicht, wenn dieselbe eine granulierte Beschaffenheit besitzt. Sowohl die unveränderte oder nur wenig verdickte Cuticula als die beträchtlicheren Schwellungen derselben

und die körnig-fädigen Schichten sind fast überall mehr oder weniger intensiv gelb, zum Teil ebenso stark wie die Gefäßwandungen gefärbt. Im Bereiche der körnig-fädigen Abschnitte der Cuticula sind bald nur die Körnchen und Fäden gefärbt, die Zwischensubstanz nicht oder nur ganz schwach, bald betrifft die Färbung gleichmäßig die letztere und die geformten Teile.

Benutzt man nicht rauchende, sogen. konzentrierte Salpetersäure von 1,18 spez. Gewicht, so tritt Gelbfärbung nach Ammoniakzusatz in der bezeichneten Ausdehnung nur dann ein, wenn die Säure mit den Schnitten erwärmt worden ist.

Bleiben Schnitte von getrockneten Blättern 10 Minuten lang der Einwirkung rauchender Salpetersäure ausgesetzt, so werden bei nachträglicher Behandlung mit Ammoniak die Membranen in der ganzen Ausdehnung des Schnitts meist safrangelb—orange gefärbt am dunkelsten, gesättigt braun, die Gefäße. Die Cuticula und ihre veränderten Abschnitte färben sich bald gesättigt gelb, bald orange und nur an vereinzelten Stellen blaßgelb.

Raspail'sche Reaktion. Wenn Schnitte von getrockneten Blättern 24 Stunden in ziemlich konzentrierte Zuckersolution gelegt und dann mit konzentrierter Schwefelsäure behandelt werden, so nimmt nicht bloß der Zellinhalt, sonden auch die Cuticula samt ihren veränderten Abschnitten eine blasse bis gesättigt violette Färbung an; einige Male waren auch die sehr gequollenen Außenwandungen der Epidermiszellen blaß violett und die Gefäßwandungen schmutzigbraun—violett gefärbt.

In ganz analoger Weise wie die Membranen der Blattepidermis, das Mesophyll und die Gefäßwände bei Euphorbia verhalten sich bezüglich der Xanthoproteinsäure- und der Raspail'schen Reaktion die Membranen der Zellen der entsprechenden Gewebe bei einer Anzahl anderer Pflanzen [1]), es gestatten aber die bezüglichen Befunde ohne weiteres nicht den Schluß auf das Vorhandensein von Eiweiß, so lange die Gegenwart von anderen, die gleichen Farbenreaktionen darbietenden Körpern nicht ausgeschlossen werden kann. Wenn dagegen die Färbung bei der Xanthoproteinsäurereaktion an der Membran zugehörigen Teilen von protoplasmatischer Beschaffenheit haftet, weist ihr Eintritt auf die Gegenwart von Eiweißkörpern oder Spaltungsprodukten derselben hin. Als in dieser Beziehung bemerkenswert habe ich den Umstand hervorgehoben,

1) Anatomischer Anzeiger, II. Jahrgang, 1887, No. 10.

daß in den Membranen der Zellen des Knollenparenchyms von Cyclamen europ. die Gelbfärbung vorwiegend an den Fadennetzen der Mittellamelle haftete. Durch Behandlung unveränderter Schnitte mit Salpetersäure und Ammoniak färben sich nur die Gefäßwände safrangelb bis orange, die Membranen der Parenchymzellen in größerer oder geringerer Ausdehnung dagegen überhaupt erst nach vorgängiger mehrstündiger Behandlung der Schnitte mit Ätzkalisolution. In derberen und stärker gequollenen Membranen, namentlich denen des Rindenparenchyms, tritt dann ziemlich häufig die sonst nur stellenweise zu unterscheidende Mittellamelle als ein die Membran durchziehendes Fadengerüst nicht blaß sehr deutlich hervor, sondern es haben auch die Fäden derselben in größerer oder geringerer Ausdehnung eine gesättigt gelbe Färbung angenommen (Taf. III, Fig. 13—16). Die Membran wird dann bald nur von einem einzigen axialen, mitunter mit Körnchen oder knotigen Auftreibungen besetzten gelben Faden oder Strang durchzogen, der sich von einem Intercellularraum zum anderen erstreckt, resp. in gleichfalls gefärbtes intercellulares Protoplasma ausläuft, oder statt eines einzigen Fadens finden sich deren 2 oder mehrere netzförmige Verbindungen eingehende (Fig. 15 u. 16). Die Fäden sind bald nur streckenweise, namentlich in der Nähe von intercellularem Protoplasma, bald in ihrer ganzen Länge gefärbt; auf den Abbildungen sind die gelb gefärbten Fäden dunkel gezeichnet, die ungefärbten blaß. Statt der Fäden oder neben denselben treten hie und da Reihen ungefärbter oder gelber Körnchen, resp. Fadendurchschnitte auf. Der Eintritt einer lebhaften Färbung war mithin hier gebunden an Formelemente, die entweder noch ihre ursprüngliche protoplasmatische Beschaffenheit bewahrt haben oder Spaltungsprodukte der Eiweißkörper einschließen, welche die gleiche Farbenreaktion geben wie die letzteren selbst, während im übrigen die Substanz der Membranen entweder ganz ungefärbt geblieben war oder eine blassere Färbung als die Mittellamelle angenommen hatte.

Auch bei Dracaena Draco[1]) haftet die gelbe Färbung im Bereiche der Mittellamellen der Seiten- und Querwände der Blatt-

1) Die die Wand der Sklerenchymzellen durchsetzenden Porenkanäle zeigen nach Behandlung der Schnitte mit Salpetersäure und Ammoniak mitunter eine sehr zarte, verdichtete Wandschicht, welche die Kanallichtung in ihrer ganzen Länge oder teilweise, mitunter auch nur einseitig umschliefst und im optischen Längsschnitt des Kanals in Form von 2 feinen, etwas glänzenden, die Kanallichtung be-

epidermis und ebenso innerhalb der körnig-fädigen Schicht der Außenwand an den Teilen der fädigen Gerüste, die hier vielfach, auch in der völlig entwickelten Membran, mit intracellularen Protoplasmafäden und Strängen zusammenhängen.

Es fallen ferner an mit Liq. Kali caustic. behandelten Schnitten aus dem Knollenparenchym von Cyclamen nach Behandlung mit Salpetersäure und Ammoniak ganz solide oder nur noch einen kleinen Hohlraum einschließende Intercellularen durch ihre gesättigt safrangelbe Färbung auf, während die Membranen in der Umgebung eine viel blassergelbe Färbung angenommen haben; am intensivsten ist die Gelbfärbung im Bereiche der jüngsten, die zentralen Abschnitte der Intercellularen erfüllenden Celluloseablagerungen, in welchen häufig noch die protoplasmatischen Einflüsse unterschieden werden können, und blaßt von da nach außen allmählich ab, so daß es den Anschein gewinnt, als sei gleichzeitig mit zunehmender Ablagerung von Cellulose ein Teil der die Reaktion bedingenden Substanz zu Grunde gegangen. Aus dem Ausbleiben der gelben Färbung kann aber nicht ohne weiteres auf die Abwesenheit der letzteren geschlossen werden, da eine Gelbfärbung mancher Membranen erst eintritt oder, wenn sie vorhanden war, stärker wird, wenn das Eindringen der Säure durch Trocknen oder Gefrierenlassen der Schnitte oder durch vorgängige Behandlung derselben mit Liq. Kali caustic. begünstigt wird.

Darüber, ob die die Gelb- oder Orangefärbung bewirkende Substanz lebendem Protoplasma angehörte oder Spaltungsprodukten von Eiweißkörpern, kann selbstverständlich die Reaktion selbst keinen Aufschluß erteilen, dagegen hatte ich aus verschiedenen anderweitigen Beobachtungen geschlossen, daß das erstere der Fall sei, so aus den Zusammenhängen von intracellularen mit (anscheinend gleichbeschaffenen) intramembranösen Netzgerüsten, aus dem Auftreten von Chlorophyll in Membranen in Form umschriebenen Körner oder größerer Massen von protoplasmatischem Gefüge, und namentlich aus den Beobachtungen über Bildung, Umbildung und Rückbildung geformter Teile an geschwellten Abschnitten der Epidermis der Blattstiele von Pelargonium, Vorgänge, die sich in ganz derselben Weise und an ganz entsprechenden Teilen voll-

---

grenzenden Linien vortritt, oder als eine nur einseitig dieselbe einfassende Linie. Manche Sklerenchymfasern besitzen eine besondere, sehr zarte, die Faserlichtung unmittelbar begrenzende Membranlamelle, die sich mitunter direkt in die Auskleidung der Porenkanäle fortsetzt.

ziehen wie im Innern von Zellen und wie innerhalb der letzteren in ihrem Ablauf durch die Einwirkung induzierter Ströme beschleunigt werden.

An einer großen Anzahl Pflanzen hat in letzter Zeit Krasser [3]) Meristem- und Dauergewebe auf den Gehalt der Membranen an Eiweiß mittels der Millon'schen und der von ihm eingeführten Alloxanreaktion geprüft und ist zu dem Resultat gekommen, daß sich in jeder Art von lebendem Gewebe in der Zellhaut Eiweiß nachweisen läßt, das nach den positiven Ergebnissen der mit der Löw-Bokorni'schen Silberlösung angestellten Versuche lebendem Protoplasma angehört.

Übersicht der Befunde.

Die Befunde von Durchschnitts- und Flächenansichten haben ergeben, daß die Cuticula an vielen Stellen bald nur verdickt und mit einzelnen körnigen, knotigen oder warzenförmigen Auftreibungen, hie und da auch mit kurzfädigen Auswachsungen besetzt, bald in geringerer oder größerer Ausdehnung beträchtlicher geschwellt und erweicht ist. Aus der Substanz der Erweichungsherde differenzieren sich feine Körnchen und Fäden, die vielfach, mitunter unter Bildung sehr engmaschiger Netze untereinander zusammenhängen, ferner derbere und längere, parallele oder sich durchkreuzende, oder zu einem Gerüst verbundene Fäden sowie glänzende Körner. Mitunter geht der Bildung der geformten Bestandteile die von Vakuolen voraus. Es entstehen auf diese Weise sowohl umschriebenere Lagen körnig-fädiger Substanz über einzelnen Außenwandungen als kontinuierliche, aus verschmolzenen Erweichungsherden hervorgegangene, über eine größere Zahl von Zellen sich erstreckende Schichten und es laufen die ersteren wie die letzteren unter allmählicher Dickenabnahme oder unter steilerem Abfall in die angrenzende, nicht veränderte oder nur etwas verdickte Cuticula aus. Daneben finden sich auch umschriebene, in Form von Buckeln oder Papillen über das Niveau der Außenwandungen stark prominierende Anhäufungen körnig-fädiger Substanz, die kleineren gehen gleichfalls aus Differenzierung homogener, umschriebener Schwellungen hervor, in betreff der größten muß es

3) Untersuchungen über das Vorkommen von Eiweifs in der pflanzl. Zellhaut etc. Sitzungsberichte d. Wiener Akademie d. W. Bd. XCIV, 1. Abt. 1886.

dahin gestellt bleiben, da ihnen an Höhe gleichkommende Schwellungen nicht beobachtet werden. Es bleibt dabei die Möglichkeit zu berücksichtigen, daß körnig-fädige, aus homogenen Schwellungen hervorgegangene Prominenzen sich nachträglich durch fädige Auswachsungen vergrößern, wie sie mitunter längs ihres Konturs auftreten, oder daß die Größenzunahme unter Bildung nach außen frei vortretenden, homogenen Plasmas erfolgt, aus dem sich dann neue geformte Teile differenzieren und mit den bereits vorhandenen verschmelzen. In letzterer Beziehung ist der an manchen grünen Schichten gemachte Befund bemerkenswert, daß ihre Begrenzung im Durchschnitt nicht durch Fäden oder Körnchen, sondern durch eine schmale Schicht frei vortretender, homogener, grüner Substanz gebildet wurde und daß an Durchschnitten ungefärbter Schichten einige Male längs ihres Konturs vortretende runde, helle, homogene, tropfenartige Gebilde beobachtet wurden.

Nur in seltenen Fällen wird die Cuticula abgehoben und erfährt Unterbrechungen ihrer Kontinuität durch Anhäufungen körnig-fädiger Substanz, welche sich aus umschriebenen Schwellungen der peripheren Schicht der Außenwand entwickelt haben.

Kleinere homogene Schwellungen und aus ihnen hervorgegangene Anhäufungen körnig-fädiger Substanz sind mitunter gelb, häufiger dagegen und ebenso umfangreichere Schwellungen wie Schichten und Prominenzen körnig-fädiger Substanz ganz oder teilweise gelbgrün oder rein grün, seltener licht- bis dunkelbraun gefärbt, und zwar sind meist nur die geformten Teile, seltener auch die Zwischensubstanz grün gefärbt. Ziemlich häufig sind auch braune Körnchen und Körner in wechselnder Menge in grüne Schichten eingelagert.

Auch in den Außenwandungen der Epidermiszellen fanden sich Stellen, die darauf hinweisen, daß ähnliche Vorgänge wie in der Cuticula auch in ihnen stattgefunden haben, indem hie und da ihre Substanz unter Verlust ihres Glanzes eine dicht granulierte oder netzförmige Beschaffenheit und gleichzeitig mitunter eine grüne oder bräunliche Färbung angenommen hatten. In den Epidermiszellen war das Protoplasma gleichfalls ziemlich häufig ganz oder teilweise grün oder braun gefärbt.

Wie in morphologischer Beziehung, so zeigen auch rücksichtlich ihres Verhaltens zu Farbstoffen und zu Reagentien die veränderten Abschnitte der Cuticula Verschiedenheiten.

Durch Anilinfarbstoffe und Karminlösungen werden dieselben häufig nur teilweise und wechselnd tief gefärbt. Bei Einwirkung konzentrierter Schwefelsäure quellen solche mit glänzenden Formelementen mehr oder weniger stark, während trübe, nicht glänzende, feinkörnig-fädige Schichten wenig quellen und sich nur aufhellen.

Die aus Schichten mit glänzenden Stromateilen nach Einwirkung von Schwefelsäure sich entwickelnden kugel- oder wurstförmigen Gebilde nehmen mitunter nach vorgängiger Jodbehandlung eine schwach-violette, auf die Anwesenheit von Cellulose oder eines ihr nahe verwandten Körpers hinweisende Färbung an, während die aus nicht glänzender körnig-fädiger Substanz bestehenden, mehr dem Zellprotoplasma gleichenden sich nach Einwirkung von Jod, Chlorzinkjod und von Jod und Schwefelsäure nur gelb bis braun färben.

Durch die Xanthoproteinsäurereaktion wurde fast überall, sowohl in der nicht oder nur wenig veränderten Cuticula als in den massigen Cutikularschichten (ebenso auch in den Gefäßwänden), die Gegenwart von Eiweißverbindungen oder von nitrierten hydroxilierten Benzolderivaten nachgewiesen. Eine gelb-orange Färbung tritt nach Ammoniakzusatz schon ein, wenn die konzentrierte aber nicht rauchende Säure mit den Schnitten erwärmt worden ist, ohne Erwärmung nach Anwendung rauchender Säure, und auch die Membranen der Epidermis- und Mesophyllzellen werden gefärbt, wenn die rauchende Säure auf getrocknete Schnitte eingewirkt hat.

Durch die Raspail'sche Reaktion ließ sich das Auftreten einer violetten Färbung in der Cuticula und ihren veränderten Abschnitten und hie und da auch in den Wänden der Epidermiszellen und der Gefäße nachweisen.

Chemisches und physikalisches Verhalten der grün gefärbten Abschnitte der unveränderten Cuticula.

Bei der verhältnismäßig großen Häufigkeit des Auftretens umfangreicher grüner Cutikularschwellungen und Schichten grüner, körnig-fädiger Substanz bei Euphorbia c. und mauritanica konnten dieselben einer Prüfung rücksichtlich ihres chemischen und physikalischen Verhaltens unterzogen werden.

Daß durch Alkohol veränderte und grün gefärbte Abschnitte der Außenwandungen und der Cuticula entfärbt werden, hatte ich schon früher in betreff der Epidermiszellen von Dracaena festgestellt[1]).

Die Schnitte von Euphorbia wurden nur in so viel 1proz. Zuckerlösung eingelegt, als zu ihrem Einschluß erforderlich war, und nach Einstellung einer grünen Cutikularschicht einmal oder wiederholt Alkohol absolutus zugesetzt. Die Entfärbung erfolgte sofort oder innerhalb einer Minute oder erst nach 1—3 Minuten und nach wiederholtem Alkoholzusatz. Rein grüne Schichten werden vollständig entfärbt und nur selten bleibt eine gelbe, einzelnen derberen Körnchen anhaftende Färbung zurück, die auch bei wiederholtem Alkoholzusatz nicht schwindet. In schmutzigbraun-grünen Schichten schwindet die grüne Färbung vollständig und die braune bleibt rein zurück.

Die Chlorophyllkörper der Epidermis- und Mesophyllzellen entfärben sich etwas später als die grünen Cutikularschichten und zuerst im Bereiche der dünneren Abschnitte der Schnitte, die zum Teil erst nach $^3/_4$ Stunden vollständig entfärbt waren.

Die Entfärbung der grünen Schichten durch Terpentin erfolgte nach anhaltend wiederholtem Zusatz des letzteren, nachdem die auf dem Objektträger etwas abgetrockneten Schnitte zunächst in Glycerin eingelegt worden waren.

Das Grün einer 2 Zellen überziehenden Cutikularschicht war im Verlaufe von 2 Stunden nur etwas verblaßt, wurde aber rasch und vollständig gebleicht, als nach Entfernung des Deckgläschens und Verlagerung des Schnitts von neuem Terpentinöl zugesetzt worden war. Ein anderer Schnitt mit einer grünen, kontinuierlich über 4 Zellen sich erstreckenden Cutikularschicht war nach dem Abtrocknen 2 Tage in dem zugesetzten Glycerin geblieben und die grüne Schicht entfärbte sich nach Entfernung des letzteren und nach Zusatz von Terpentinöl in 20 Minuten vollständig, während in den Epidermiszellen das Chloropyhll erst stellenweise verblaßt und in den Mesophyllzellen noch ganz unverändert war. Erst im Verlaufe einer Stunde hatte sich, unter einem erneuten Zusatz von Terpentinöl, das Chlorophyll der Epidermiszellen ganz entfärbt, während das des Mesophylls auch dann noch unentfärbt geblieben war.

---

1) Untersuchungen über Struktur, Lebenserscheinungen etc. S. 328.

Rascher, schon im Verlauf von 10 Minuten, erfolgte die Entfärbung grüner Cutikularschichten, wenn den mit etwas Glycerin befeuchteten abgetrockneten Schnitten wiederholt Schwefeläther zugesetzt wurde. In der gleichen Zeit waren die in den Zellen enthaltenen Chlorophyllkörper noch nicht oder nur an den dünnsten Stellen der Schnitte entfärbt worden.

Grüne Cutikularschichten von mit etwas Glycerin und Mohnöl benetzten Schichten werden, wie die Chlorophyllkörper, nach erneutem Zusatz von Schwefelkohlenstoff im Verlaufe einer Minute gleichmäßig gelbbraun, entfärben sich aber erst unter fortgesetztem Zusatz von Schwefelkohlenstoff im Verlaufe einer Stunde mehr oder weniger vollständig.

Auf Zusatz von Essigsäure zu in 1proz. Zuckerlösung befindlichen Schnitten hellen sich die grünen Cutikularschichten auf und nehmen im Verlauf von 1—3 Minuten eine schwach gelbliche, gelbgrünliche oder bräunliche Färbung an, die erst im Verlauf von weiteren 8 bis 10 Minuten schwindet. Mitunter geht eine anfangs bräunliche Färbung nachträglich in eine gelbe über oder es wird eine anfänglich gelbliche Färbung allmählich gelbbräunlich. Während der Einwirkung der Säure wurde in den meisten Fällen die Struktur der Schichten nicht erheblich geändert, einige Male trat dagegen in ihrer Peripherie oder in ihrer ganzen Ausdehnung an Stelle der körnig-fädigen Struktur eine sehr dichte, feine und gleichmäßige Granulierung auf, die in einem Falle wieder undeutlich wurde und verschwand. Während oder nach Entfärbung der Schichten entfärben sich auch die Chlorophyllkörper, nachdem sie zunächst heller oder dunkler braun oder gelbbraun geworden sind.

Nach Zusatz von Phosphorsäure nehmen im Verlaufe von 2—15 Minuten die grünen Schichten eine gelbe, braungelbe oder braune Färbung an. Mitunter ist die Färbung erst braun und wird nachträglich braungelb oder ist erst gelb und wird dann braun. Die Chlorophyllkörper wurden braungelb oder braungrün gefärbt.

Durch Salzsäure werden die grünen Schichten rasch gelb gefärbt und nehmen im weiteren Verlauf von 5 Minuten zum Teil eine licht gelbbraune Färbung an. Die Chlorophyllkörper wurden rasch braun und meist deutlicher als die Cutikularschichten gefärbt.

Nach Behandlung der Schnitte mit Salzsäure (1 : 4) traten nicht bloß in den Chlorophyllkörpern, sondern auch in den grünen Cutikularschichten im Verlaufe von 24 Stunden Hypochlorinkörner und Körnchen von teils runder, teils eckiger und zackiger Form

auf. In den Chlorophyllkörpern waren sie in ungleicher Verteilung eingestreut, fehlten an manchen Abschnitten der Schnitte ganz, waren in anderen reichlich enthalten; in den vorher grünen Cutikularschichten waren sie vereinzelt eingelagert oder es fanden sich neben wenigen derberen eine größere Anzahl kleine.

An im Herbst gelb gewordenen Blättern waren auch die gefärbten Cutikularschichten und Schwellungen meist gelb oder braun, nur selten grün und dann auch meist gelbgrün gefärbt. So fanden sich an 40 Schnitten nur 9 grün gefärbte Stellen der veränderten Cuticula, während an noch grünen Blättern die gefärbten Cutikularschichten der großen Mehrzahl nach grün sind und es auch an den noch grünen Blättern der Pflanze waren, von welcher die gelben Blätter stammten. Es stimmt also auch darin das Grün der Cutikularschichten mit dem der Chlorophyllkörper überein, daß es beim Absterben der Blätter in Xanthophyll verwandelt wird.

Nach Zusatz konzentrierter Schwefelsäure quellen grüne Schichten nur wenig, die Färbung wie die der Chlorophyllkörper, wird erst blaugrün und verblaßt dann.

Nach Zusatz von Liq. Kali caust. bleiben grüne Schichten wie Chlorophyllkörper im Verlaufe von $^1/_4$ Stunde unverändert oder die ersteren nehmen eine gelbgrüne Färbung an und ebenso die letzteren im Bereiche der der Einwirkung des Reagens zunächst ausgesetzten Abschnitte der Schnitte.

Die Schnitte befanden sich bei Zusatz der Säuren und der Kalilauge in Wasser, das die Hälfte oder $^2/_3$ des Raumes zwischen Deckglas und Objektträger einnahm.

Im Mikrospektrum bewirken grüne Cutikularschichten einen ihrer Ausdehnung in Spalte des Spektrums entsprechenden Absorptionsstreifen im Rot, zwischen B und C, der etwas weiter nach dem roten Ende des Spektrums gerückt ist, als es bei den Chlorophylllösungen der Fall, und je nach der lebhafteren und gesättigter grünen Färbung der Schichten mehr oder weniger dunkel ist. Hinter E beginnt ein dunkler, in der gleichen Ausdehnung wie der Absorptionsstreif zwischen B und C sich durch den ganzen blauen Teil des Spektrums kontinuierlich hinziehender Absorptionsstreif. Stellt man den Spalt des Spektrums so, daß sich in demselben gleichzeitig eine grüne Cutikularschicht und Chlorophyll des Inhalts der Epidermiszellen befindet, so überzeugt man sich, daß die durch das letztere bewirkte Absorption vollständig der durch das Grün der Cutikularschichten bewirkten Absorption entspricht.

Es kann somit bei der Übereinstimmung, welche die grünen Abschnitte veränderter Cuticula auch rücksichtlich ihres chemischen und spektroskopischen Verhaltens mit den Chlorophyllkörpern zeigen, keinem Zweifel unterliegen, daß der grüne in der ersteren enthaltene Farbstoff mit dem Chlorophyll identisch ist.

Beurteilung der Befunde.

Bei Beurteilung der den mitgeteilten zum Teil ganz analogen Befunde an der Cuticula und den Außenwandungen der Epidermiszellen und an den Haarmembranen von Pelargonium Z. waren es hauptsächlich zwei Umstände, welche mich zu der Annahme bestimmten, daß die beobachteten Veränderungen unter dem Einfluß lebender, in den Membranen und in der Cuticula enthaltener Substanz zu Stande gekommen seien.

1) Erst zähflüssige und dann erhärtende, aber keine lebende Substanz einschließende Abscheidungen könnten zur Bildung von schichtweise abgesetzten oder von ovalen, spindel- oder kegelförmigen, der Cuticula nur aufliegenden soliden Massen führen, dagegen bleibt bei dieser Annahme ganz unerklärt die Bildung einzelner längerer, in der Cuticula nur wurzelnder, bei Strömungen um ihre Insertionsstelle hin- und her flottirender Fasern und Fäden, wie die Entstehung von knotigen, mitunter grün gefärbten und mit fädigen Vorsprossungen besetzten Verdickungen innerhalb ihres Verlaufs oder an ihrem Ende. Die Bildung derberer, glänzender Gerüste könnte auf das Statthaben eines mehr oder weniger gleichmäßig vor sich gehenden Verdichtungsprozesses innerhalb der ausgeschwitzten Substanz bezogen werden, der nichts mit den Lebensvorgängen zu thun hat, dann bliebe aber wieder das Vorkommen von Fasern unverständlich, die von dem Umfang der Gerüste abtretend frei nach außen prominieren und mitunter selbst wieder, gerade so wie vereinzelt von der Cuticula abtretende Fasern, mit körnigen oder knotigen Verdickungen besetzt sind.

2) Für das Zustandekommen der Veränderungen der Cuticula und Membranen unter dem Einfluß lebender, in denselben enthaltener Substanz sprechen ferner in ganz unzweideutiger Weise die Vorgänge, welche an manchen erweichten und geschwellten Cutikularschichten und an den in ihnen enthaltenen geformten Teilen bei Pelargonium Z. beobachtet wurden. Sowohl die Be-

wegungserscheinungen als die Um- und Neubildung von Netzabschnitten (Abschnürungen, Sonderung von Fäden zu Körnchen, Verschmelzen von Körnchen und Fäden, Neubildung von Körnchen, Fäden und Netzen aus homogener Substanz, rascher oder allmählicher Schwund einzelner Septen, Schwund und Rekonstruktion ganzer Netzabschnitte) sind von mir in ganz entsprechender Weise auch im Innern lebender Zellen wahrgenommen worden. Es kann auch dabei gar nicht die Rede davon sein, daß die eintretenden Veränderungen etwa eine Folge der Einwirkung der Zusatzflüssigkeit seien, da es sich nicht um den Eintritt einer einmaligen und dann bleibenden Veränderung handelt, etwa um bloße Verflüssigung geformter Teile, sondern um Vorgänge von verschiedener und zum Teil entgegengesetzter Art, die häufig gleichzeitig und nebeneinander ablaufen; es sind auch die zunächst eingetretenen Änderungen in der Beschaffenheit der Teile keine dauernden oder brauchen es nicht zu sein, sondern es vollzieht sich häufig während einer $^1/_4$—$^1/_2$stündigen Beobachtungsdauer unausgesetzt ein Wechsel im Entstehen neuer Formelemente und im Vergehen oder in der Umbildung vorhandener. Die gleichen Vorgänge, wie sie bei Benutzung von 1proz. Zuckerlösung oder Quittenschleim als Zusatzflüssigkeit beobachtet wurden, vollziehen sich aber auch, wenn als Zusatzflüssigkeit Mohnöl benutzt wird, also ein Einfluß wässeriger Flüssigkeit ganz ausgeschlossen ist, entwickeln sich mit größerer Schnelligkeit und laufen rascher und unter Beteiligung einer größeren Anzahl Formelemente ab, wenn induzierte Ströme eingeleitet werden.

Ganz analoge Vorgänge habe ich im Verlaufe von ein paar Minuten auch in erweichten und geschwellten Abschnitten der Cuticula der Blattepidermis von Lophospermum scandens wahrgenommen. So änderte sich in dem Streifen Netzsubstanz Fig. 8 a Taf. I Form und Weite der Maschen, während ihre Zahl unter Verschmelzung von Netzteilen und unter entsprechender Dickenzunahme derselben sich verringerte (Fig. 8 b). Die größere Erweichungsschicht Fig. 1 a, Taf. II ändert ihre Konturen (die wirkliche Ausdehnung der Schichten läßt sich an Flächenansichten nicht immer genau bestimmen), der untere Abschnitt schnürt sich von dem oberen ganz ab, die Fadenstrukturen ändern ihre Beschaffenheit und an Stelle einer kleinen Vakuole rechts oben entwickeln sich deren zwei. Gleichzeitig ändern die scholligen Gebilde links ihre Form, ihre Konturen werden teils blasser, teils schärfer als vorher (1 b).

An den Blättern von Euphorbia ließ sich der strikte Nachweis führen, daß der grüne Farbstoff veränderter, zum Teil ganz die gleiche Struktur wie das Protoplasma darbietender Cutikularabschnitte identisch mit dem Chlorophyll innerhalb der Zellen ist, und damit erhält die von mir zuerst vertretene und begründete Ansicht eine weitere Stütze, daß protoplasmatische Teile in die Zusammensetzung der Membranen eingehen und daß die Um- und Neubildungsvorgänge an den letzteren als Lebenserscheinungen aufzufassen sind.

Bei Euphorbia wie bei Pelargonium gehen die Veränderungen meist von der Cuticula aus, indem entweder aus der letzteren sich fädige, anastomosierende, Netze und Gerüste bildende Auswachsungen entwickeln oder zuerst homogene Schwellungen, aus denen sich erst nachträglich und zum Teil unter Vakuolenbildung Fäden, Körnchen, Körner oder Netze differenzieren, während ihre Größenzunahme durch Auswachsen von Fäden oder unter Bildung neuer Mengen homogener Grundsubstanz erfolgt. Haben die Lagen körnig-fädiger oder genetzter Substanz, welche die Außenwandungen überziehen, eine gewisse Mächtigkeit erreicht, so läßt sich häufig schwer oder gar nicht mehr entscheiden, ob sie auf die eine oder andere Weise entstanden sind.

Von Hanstein [1]), de Bary [2]) und A. wird bekanntlich die Ansicht vertreten, daß es sich bei Pelargonium, Primula sin. und anderen Pflanzen bei den in Rede stehenden Vorgängen von Anfang an um einen Sekretionsprozeß handelt und daß der secernierte Körper an der Grenzfläche zwischen Cuticula und Zellmembran auftritt. „Bei gleichbleibender Form und Turgescenz der Zelle hebt er in dem Maße, als er an Menge zunimmt, die Cuticula blasig empor, entweder indem diese in gleichem Maße und unter gleichbleibender oder zunehmender Dicke mitwächst, oder mit der Vermehrung des Sekrets in ihrem Flächenwachstum nicht Schritt hält, daher stark gedehnt und schließlich leicht gesprengt wird. Von dem nach der Sprengung frei werdenden flüssigen Sekret rührt die Klebrigkeit der Oberfläche her. Die zersprengte Cuticula kann (nach Hanstein) an jungen Teilen selbst zu wiederholten Malen regeneriert werden“ (de Bary).

---

1) Über die Organe der Harz- und Schleimabsonderungen in den Laubknospen, Bot. Zeitung, Nr. 43, 1868.

2) Vergleichende Anatomie der Vegetationsorgane. Leipzig 1877, S. 94.

Bei Euphorbia ließ sich konstatieren, daß in selteneren Fällen durch Entwicklung körnig-fädiger Substanz aus den äußeren Schichten der Außenwand die Cuticula abgehoben und ihre Kontinuität unterbrochen wird. Bei Pelargonium fanden sich zwar hie und da zwischen Außenwand und Cuticula schmale, von blasser, homogener Substanz eingenommene Spalten, daß aber die homogenen oder aus Fadengerüsten oder Netzen bestehenden, den Außenwandungen aufliegenden Massen sich aus Auswachsungen oder Schwellungen der Cuticula entwickelt hatten, ließ sich an den Übergangsstellen der veränderten Membranabschnitte in unveränderte leicht feststellen. Die Außenwandungen selbst waren nur hie und da verdickt oder hatten unter Verlust ihres Glanzes teilweise oder in ihrer ganzen Dicke eine zarte Netzstruktur angenommen. An den Köpfchen der Haare, an denen eine Cuticula überhaupt nicht zu unterscheiden ist, und an den Endgliedern, wo sie meist ebenfalls fehlt, gehen die Veränderungen von ihren sehr zarten Membranen aus, die sich mitunter in zwei Lamellen spalten, von denen zunächst nur die äußere der Sitz der unbeschriebenen, stark prominierenden oder mehr nach der Fläche ausgebreiteten Schwellungen ist.

Kleinere und größere homogene, nach außen prominierende Erweichungsschichten erscheinen häufig im Durchschnitt durch einen fortlaufenden fasrigen Kontur vollständig oder mit einzelnen Unterbrechungen abgegrenzt, derselbe entspricht aber keineswegs der abgehobenen Cuticula, die als solche gar nicht mehr vorhanden und in Bildung der Schwellungen aufgegangen ist, sondern ist aus einer Verdichtung der peripheren Schicht der letzteren hervorgegangen und neu gebildet. Wenn dann der anfangs homogene Inhalt solcher Schwellungen sich zu differenzieren beginnt, treten in demselben einzelne Vakuolen sowie einzelne Fäden und Körnchen oder kleine Anhäufungen derselben auf oder es erstrecken sich von der verdichteten Randzone einzelne Fäden nach dem Innern der homogenen Masse.

Bei Pelargonium und ebenso bei der Primel, wo die Veränderungen ganz analog sind, finden sich aber auch mehr oder weniger umfangreiche, den Wandungen, resp. der Cuticula aufgelagerte Massen, ohne daß sich nachweisen ließe, daß und wie sie aus der letzteren hervorgegangen sind. Es können hier aus umschriebenen Schwellungen hervorgegangene Massen sich mit ihrem Wachstum über die umgebenden unveränderten Membranabschnitte ausgebreitet haben, auf der anderen Seite läßt sich aber auch die

Möglichkeit nicht in Abrede stellen, daß es sich nicht um eine Absonderung zwischen Membran und Cuticula, sondern um eine Absonderung auf die freie Fläche der Cuticula handelt. Überall aber, wo sich die Entwicklung des Prozesses durch die direkte Beobachtung verfolgen ließ, ging derselbe von der Cuticula, an den Köpfchen und Endgliedern von ihren Membranen aus, hat von Anfang an gar keinen sekretorischen Charakter und erhält denselben erst mit der wachsenden und beträchtlichen Zunahme der Masse der erweichten und geschwellten Substanz der Cuticula.

Kleine runde oder längliche Knötchen und Erhabenheiten treten auf der Außenfläche der Wandung von Epidermiszellen und Haaren bei sehr vielen Pflanzen auf und Schenk [1]) meint, daß die Höckerbildung sich direkt an das Verhalten der Drüsenhaare, Leimzotten etc., kurz aller Hautdrüsen anschließt, bei denen eine Abhebung der Cuticula in Form von Blasen durch das zwischen ihr und der darunter liegenden Celluloseschicht auftretende Sekret zu bemerken ist. Schenk citiert Pelargonium als Beispiel für diesen Modus der Sekretbildung, die an der Spitze der kopfig angeschwollenen Endzelle beginnt, indem sich zwischen Cuticula und Celluloseschicht Harz anlagert. Nun beginnt aber die Bildung des angeblichen Sekrets gar nicht immer zuerst an dem Scheitel des Haarköpfchens, eine Einlagerung von Harz zwischen Cuticula und Celluloseschicht kann gar nicht stattfinden, weil an den Köpfchen eine Cuticula überhaupt fehlt, und außerdem besteht die angeblich eingelagerte Masse aus einem Gemisch stickstoffhaltiger und stickstoffloser Substanzen. Infolge der Metamorphose ihrer Substanz schwindet häufig die Köpchenmembran als solche ganz, bei Kochen von Oberhautlamellen in 5proz. Kalisolution werden die aus Metamorphose der Membran hervorgegangenen weichen Massen entfernt und an ihrer Stelle treten Membranlücken auf, deren Vorkommen allein schon beweist, daß es sich hier um einen ganz anderen Vorgang handelt als um eine Sekretbildung in der gewöhnlichen Bedeutung des Worts. In Betreff der Bildung der cutikularen Höcker hat Schenk die Möglichkeit nicht berücksichtigt, daß eine umschriebene und anfangs homogene Schwellung der Cuticula sich nachträgtich zu einer dichteren peripheren Schicht und zu einem schwächer brechenden Inhalt differenzieren kann;

---

1) Untersuchungen über die Bildung von zentrifrugalen Wandverdickungen von Pflanzenhaaren und Epidermen. Bonn 1884.

es kann auch bei einem solchen Entstehungsmodus der Höcker den Anschein gewinnen, als sei die Cuticula durch eine neugebildete, zwischen sie und die Cellulosewand eingelagerte Schicht abgehoben worden.

Nach H. v. Mohl sind die Epidermiszellen jugendlicher Organe völlig glatt und erst nach Bildung einer Cuticula treten infolge eines partiellen Wachstums die Erhabenheiten in Form von Körnern oder fortlaufenden Linien auf.

Auch an den noch in der Knospe eingeschlossenen, noch nicht entfalteten Blättern von Euphorbia c. war die Zahl der Knoten und kleinen Körnchenanhäufungen eine sehr geringe und ebenso selten fanden sich etwas umfangreichere körnig-fädige, ungefärbte oder grüne Abschnitte verdickter Cuticula. Ihr häufiges Auftreten an entfalteten Blättern ließe sich aber auch vielleicht darauf beziehen, daß die letzteren vielfachen äußeren Einflüssen ausgesetzt sind, die als Reiz wirken können. Ich wurde auf die Veränderungen der Cuticula und ihre grüne Färbung bei Euphorbia c. aufmerksam bei Untersuchung von Blättern, die von Aecidium E. befallen waren, und mußte an die Möglichkeit denken, daß dieselben eine Folge der Entwickelung des Pilzes seien. Als ich dagegen die Blätter ganz gesunder Pflanzen untersuchte, fand ich Veränderungen der gleichen Art und häufig in sehr beträchtlicher Zahl und Ausdehnung, ohne daß sich auf der Cuticula, in oder unter der Epidermis die Anwesenheit von Pilzsporen oder Hyphen hätte konstatieren lassen.

Nur einmal, an Pflanzen, die im Spätherbst einem feuchten, schattigen Standort entnommen waren, fanden sich Sporen und Hyphen von Sporidesmium p. in ziemlich großer Zahl auf und in der in großer Ausdehnung veränderten Cuticula, während das makroskopische Aussehen der Blätter nicht wesentlich verändert war. Die Möglichkeit, daß durch die Entwicklung der Pilze die Veränderungen der Cuticula hervorgerufen worden seien, ließ sich hier nicht einfach in Abrede stellen, berücksichtigt man aber, daß die letzteren sich schon, wenn auch nur in geringer Zahl, an noch nicht entfalteten Blättern finden, daß sie in großer Häufigkeit an wohl entwickelten Blättern von ganz gesunden, kräftigen Pflanzen vorkommen, ohne daß sich im einen wie im anderen Fall die Anwesenheit eines Pilzes hätte nachweisen lassen, so scheint es viel wahrscheinlicher, daß die Veränderungen der Cuticula das Primäre sind und die Ansiedelung des Pilzes wie seine Weiterentwicklung nur begünstigt haben.

An den Blättern von Dracaena, Rhododendron und Aloe erreichen die Veränderungen der Cuticula bei weitem nicht die Entwicklung wie bei Euphorbia, Pilzhyphen habe ich überhaupt nur einmal, auf der Cuticula von Dracaena und in geringer Zahl angetroffen, es können dieselben mithin auch hier nicht als die Ursache für den Eintritt der ersteren angesehen werden. Ebensowenig liegen bei Pelargonium Anhaltepunkte vor für die Abhängigkeit des Eintritts der Veränderungen der Cuticula und Außenwandungen von äußeren Einwirkungen und ganz ausgeschlossen ist diese Abhängigkeit bei der Kapsel entnommenen Baumwollenfasern, die in ihrer peripheren Schicht veränderte ungefärbte oder grüne Abschnitte aufweisen, die nach ihrer Beschaffenheit und Ausdehnung ganz denen der erstgenannten Pflanzen gleichen.

5. Über die Bildung und Wachstum von Stärkekörnern in den Chlorophyllkörnern, im Kern und im Protoplasma.

Frühere Beobachtungen [1]) über die Bildung von Stärke aus dem Stroma der Chlorophyllkörper und aus Protoplasmanetzen hatten mir die folgenden Ergebnisse geliefert.

In den Chlorophyllkörnern der Blätter von Aloe arboresc. treten die kleinsten Stärkekörner vereinzelt oder zu mehreren als runde, weiße oder schwach gelb gefärbte kernkörpergroße Gebilde auf, deren Inneres homogen ist oder sehr unbestimmt konturierte blasse Körnchen und kurze Fäden einschließt und von deren nicht scharfen, meist etwas körnigen Konturen häufig Fäden abgehen, die in Knotenpunkte der umgebenden Netze auslaufen [2]).

1) Sitzungsberichte der Jen. Gesellsch. für Med. u. Naturwissenschaft v. 1. Aug. 1879; Beobachtungen etc., S. 38.

2) Schwarz (Die morphologische u. chemische Zusammensetzung des Protoplasmas, 1887, S. 39, 41 u. flgd.) behauptet, daß meine Angaben über den netz- und gerüstförmigen Bau des Stromas der Chlorophyllkörper, desgleichen die ähnlichen von Schmitz, sich vorzüglich auf fixiertes, d. h. durch Fällungsmittel verändertes Material beziehen und der weiteren Bestätigung bedürfen; desgleichen, daß meine Zeichnungen viel zu schematisch seien und überdies nicht meiner „etwas konfusen“ Beschreibung entsprechen. Daß ich meine Angaben über die Beschaffenheit der Chlorophyllkörper wie die über die Beschaffenheit des Kerns und des Protoplasmas nicht ohne weiteres auf die Befunde von in Alkohol oder in anderen Agentien erhärtetem Material stützen würde, konnte sich Schwarz bei einiger Überlegung

Wo mehrere solcher Stärkekörner sich in einem Chlorophyllkern befinden, sind die zwischen ihnen befindlichen Fäden und Knotenpunkte der Netze häufig gleichfalls nicht mehr scharf kon-

---

selber sagen; ich habe aber (Beobachtungen etc. S. 28) gelegentlich der Befunde von den Epidermis- und Mesophyllzellen von Aloe arboresc. ausdrücklich erwähnt, daß als Untersuchungsflüssigkeit der ausgedrückte Saft der Blätter, 1 — 5 proz. Zuckerlösung sowie eine Mischung gleicher Teile Wasser und Glycerin dienten und daß bei Anwendung dieser verschiedenen Zusatzflüssigkeiten „die bezüglichen Strukturverhältnisse in gleicher Weise vortreten"; ich habe ferner festgestellt (S. 44), daß sich an den im ausgedrückten Saft der Blätter suspendierten wie an den in Zellen eingeschlossenen Protoplasmaschollen sich ein für geraume Zeit fortwährender Wechsel in der Form, Anordnung und Beschaffenheit der sie konstruierenden Teile nachweisen läßt, es kommt zu Teilungen und Abschnürungen bei den Fäden, deren Teilstücke sich zu einzelnen glänzenden derberen Körnchen oder in anderer Weise umformen und neue Verbindungen eingehen. Ich bemerke für Schwarz, daß dies Veränderungen sind, welche man an durch Alkohol oder durch andere Agentien getöteten und gehärteten Protoplasmakörpern nicht wahrnimmt. Daß auch für die anderen untersuchten Objekte als Zusatzflüssigkeit Zuckerlösungen und verdünntes Glycerin benutzt wurden, geht ohne weiteres aus dem Umstand hervor, daß ich bezüglich der Membranlücken und der Beziehungen zwischen Membran und Protoplasma ausdrücklich die Befunde bei Ablösung des Primordialschlauchs an Alkoholpräparaten hervorgehoben habe (S. 15 u. 22). In Betreff meiner Befunde an den Chlorophyllkörpern citiert Schwarz die auf die Chlorophyllkörper von Rhododendron bezüglichen; an der betreffenden Stelle (S. 6) wird gesagt, daß das fädige Gerüst der Chlorophyllkörper bald ausschließlich durch ein Fadennetz mit verschiedener Form und Weite der Maschen wie verschiedener Stärke der Fadenknotenpunkte gebildet wird, bald noch einzelne derbere und längere nach verschiedenen Richtungen orientierte oder von einem Pol zum anderen ziehende Fäden einschließt, die bald mit Netzfäden zusammenhängen, bald nicht. Außerdem finden sich Chlorophyllkörper, in denen nur einzelne Körnchen und kurze kleine Fäden zu unterscheiden sind, welche nur teilweise untereinander zusammenhängen (also keine Netze mit geschlossenen Maschen bilden). Ich glaube nicht, daß diese Angaben für das Verständnis besondere Schwierigkeiten darbieten, wenn man aber, wie das bei Schwarz der Fall ist, von konfusen Vorstellungen über die bezüglichen Strukturverhältnisse beherrscht wird, so ist es begreiflich, wenn man das für konfus ansieht, was diesen Vorstellungen nicht entspricht. Ein Blick auf die Zeichnungen genügt, um sich zu überzeugen, daß dieselben nicht schematisch sind und der Beschreibung ganz entsprechen, da neben Chlorophyllkörpern mit netzförmigem Stroma (Fig. 1, 2 u. 12) andere abgebildet sind mit teils körnigem und kurzfädigem Stroma ohne Bildung von Netzen

turiert und etwas entfärbt. Im Innern von durch Jod nur lichtviolett gefärbten Stärkekörnern können die an ihrer Bildung beteiligten Netzteile noch in größerer oder geringerer Ausdehnung unterschieden werden; die Färbung haftete sowohl an den letzteren als an der die Maschen erfüllenden Substanz.

---

wie die oberen Chlorophyllkörper in Fig. 10 und solche, die nur Körnchen (resp. Fadenquerschnitte) und etwas längere und derbere, mit knotigen Verdickungen versehene Fäden einschließen (Fig. 11). Wenn Schwarz außerdem meint, daß eine unmittelbare Verbindung der Fäden des Chlorophyllkörperstromas mit denen des Protoplasma sich schwerlich durch die direkte Beobachtung werde rechtfertigen lassen, so setzt er voraus, daß das Vorhandensein einer solchen Verbindung von mir nicht gesehen worden ist. Ich habe die Objekte, an denen ich diese Verbindung wahrgenommen habe, bezeichnet und es kann sich von der Richtigkeit meiner Angaben jeder einigermaßen genaue Beobachter überzeugen, daß dies Schwarz gelingen wird, muß ich allerdings nach der Bekanntschaft mit seinen Leistungen stark bezweifeln.

Wie in betreff der Chlorophyllkörper, so sind auch in betreff des Protoplasmas die von mir und ebenso die von Schmitz gemachten Angaben nach Schwarz nicht richtig; die meinigen sollen hauptsächlich pathologisch verändertes, etwas gequollenes Protoplasma betreffen, das von mehr oder weniger verletzten Zellen herrührt (S. 125 u. 131). Es verlohnt sich nicht der Mühe, auf diese ganz willkürliche, durch nichts motivierte Behauptung überhaupt einzugehen, ebenso wenig auf die Vorstellung, welche sich Schwarz über die Entstehung des netzförmigen Aussehens des Protoplasmas gemacht hat. Durch direkte Beobachtung ist von mir festgestellt worden, daß in Zellen mit strömendem Plasma sich in ruhenden Plasmaschichten einzelne Fäden wie ganze Netzlamellen und Schichten bilden und auch wieder verflüssigen und zwar ohne daß ihrer Bildung die Bildung von Vakuolen vorausgeht (Beobachtungen etc. S. 51 u. flgde., Untersuchungen über Struktur, Lebenserscheinungen etc. S. 312); daß ferner in den Köpfchen der Drüsenhaare von Pelargonium z. die Körner sich teils vakuolisieren, teils miteinander verschmelzen und daß sowohl aus der Wandung der Vakuolen als aus der durch Verschmelzung der Körner entstandenen Substanz sich zunächst körnige und fädige Teile sondern und aus diesen sich dann Fadennetze und Gerüste entwickeln (Untersuchungen etc. S. 266). Schwarz hätte besser gethan auf Grund dieser von mir bereits ermittelten Vorgänge weitere Beobachtungen in der gleichen Richtung anzustellen, statt den Leser mit seinen auf unbegründeten Voraussetzungen beruhenden Vermutungen zu behelligen. Meine Abbildungen der Protoplasmastrukturen sollen übermäßig schematisch sein, während sie überhaupt nicht schematisch sind, sondern ganz ähnliche Verschiedenheiten darbieten wie die von Chlorophyllkörpern rücksichtlich der Weite der Netzmaschen, der Derbheit ihrer Septen, dem Vorhandensein oder Fehlen derberer

Ein ganz ähnliches Verhalten zeigten die kleinen Stärkekörner in den Chlorophyllkörpern von Cereus spec., indem auch hier die jüngeren, durch Jod erst licht violett gefärbten noch eine netzartige Struktur erkennen ließen, während in den älteren, durch Jod dunkler gefärbten nur vereinzelte Fäden infolge ihrer lichteren Färbung noch unterschieden werden konnten. Die grünen, die Stärkekörner umspinnenden Netzfäden sind zum Teil nicht unbeträchtlich verdickt, so daß sie wie Reife und Spangen vortreten.

In gleicher Weise entwickeln sich die Stärkekörner aus grünen, nicht umschriebene Körper darstellenden Netzschichten des Protoplasmas unter zunehmender Entfärbung der Netzfäden, und gerade diese Entfärbung läßt schon vor Jodzusatz die färbehaltigen Stellen erkennen. Aber auch in ungefärbtem Protoplasma finden sich teils umschriebene stärkehaltige Abschnitte mit geschwellten, undeutlich conturierten Fäden und Knotenpunkten, teils nicht scharf umschriebene, ihrem Aussehen nach nicht merklich veränderte Netzabschnitte, im Bereiche welcher die Stärkebildung lediglich durch das Auftreten einer licht violetten Färbung nach Jodzusatz nachweisbar ist. Auch in einzelnen Kernen waren kleine Stärkekörner eingeschlossen, innerhalb deren die Stromafäden nur noch undeutlich oder gar nicht mehr sichtbar waren, und in ein paar Fällen hatte auch das Kernkörperchen ein matt-weißes Aussehen angenommen, verwaschene Konturen, und wurde durch Jod violett gefärbt.

Es erwies sich somit das Auftreten der Stärke sowohl in den Chlorophyllkörpern und in grünem Protoplasma als in ungefärbtem Protoplasma und im Kern vorwiegend gebunden an die Stromateile, die meist eine Volumenzunahme unter Undeutlichwerden ihrer Konturen erfahren, durch Jod erst nur schwach gefärbt werden und unter homogen Werden des Korns ganz schwinden. In den Chlorophyllkörpern von Aloe haftete die violette Färbung dagegen nicht bloß an den noch zu unterscheidenden Stromateilen, sondern auch an der von den letzteren eingeschlossenen Substanz.

In den den Basalteil der Brennhaare von Urtica urens ein-

Netzknotenpunkte wie einzelner derberer und längerer in die Netze eingelassener Fäden. Außerdem sind auch hier Taf. I, Fig. 5, 23 und 24 körnig-fädige Strukturen wiedergegeben, die wohl Verbindungen zwischen einzelnen Körnchen und Fäden aber keine oder nur einzelne geschlossene Maschen aufweisen. Von einem schematischen Charakter der Abbildungen kann mithin gar nicht die Rede sein.

schließenden Epidermiszellen enthielten die Chlorophyllkörper nur Stärkecellulose; die blaue, erst auf Jod-Schwefelsäurebehandlung eintretende Färbung betraf ausschließlich die Netzknotenpunkte und einzelne kleinere oder größere Netzabschnitte, teils auch den Inhalt der Maschen.

Weitere Beobachtungen über die Bildung von Stärke in assimilierenden Pflanzenteilen habe ich an den Chlorophyllkörpern von Philodendron grandifol. gemacht. Dieselben lassen sehr häufig eine fädige resp. netzförmige Struktur vollkommen deutlich wahrnehmen, und an zahlreichen Chlorophyllkörpern fallen die Netzknötchen zu einem größeren oder geringeren Teil durch ihre Dicke auf, während aus Verdickungen von Knotenpunkten und der sie verbindenden Fäden sich einzelne derbere glatte oder gekörnte Stränge oder spindelförmige Gebilde entwickelt haben. Vom Umfang der Chlorophyllkörper treten häufig, wie sich auch hier bei einiger Aufmerksamkeit leicht konstatieren läßt, einzeln oder zu mehreren grüne oder ungefärbte, zum Teil gleichfalls ziemlich derbe Fäden ab und ragen frei in das Zellinnere ein oder setzen sich in Protoplasmanetze der Umgebung fort. Ebenso gehen grüne, unregelmäßig geformte Massen netzförmigen Protoplasmas kontinuierlich in ungefärbte über. Vereinzelt und freiliegend finden sich im Zellinnern grüne Körner und Körnchen.

Die jüngsten entwickelten oder noch in der Entwicklung begriffenen Stärkekörner treten im Innern oder an der Peripherie der Chlorophyllkörper vereinzelt oder zu mehreren als weiße, mitunter zu 2—3 dicht zusammenliegende Körper auf, von denen die kleinsten nur die Stärke eines derberen Netzknotenpunktes oder eines, eine einzige Masche umschließenden Septums der Netze besitzen, während der Durchmesser der größeren den 3. Teil oder die Hälfte des Durchmessers eines Chlorophyllkörpers erreicht. Die letzteren sind bald rund oder oval, bald unregelmäßig polygonal, die peripher gelegenen sitzen dem einen Pol des Chloropyllkorns kappenförmig auf oder umschließen einen Teil seines Umfangs sichelförmig; ihr Inneres ist homogen oder läßt, wenn auch meist nur undeutlich, einzelne Körnchen und kurze, zum Teil mit den letzteren netzförmig verbundene Fäden erkennen, und die Peripherie erscheint von dem grünen Stroma der Umgebung bald nicht scharf, bald durch einen fädigen, farblosen, hie und da mit kleinen Körnchen besetzten und durch kleine Lücken unterbrochenen Kontur

abgegrenzt. Diese Abgrenzung tritt dann noch ausgesprochener hervor, wenn das Stärkekorn nicht unmittelbar von grünem Stroma umschlossen, sondern von demselben durch einen schmalen, hellen Spaltraum getrennt wird. In die Peripherie des Stärkekorns oder in den dasselbe umschließenden fädigen Kontur senken sich mitunter einzelne grüne oder entfärbte Stromafäden ein oder kleine weiße Knötchen wie etwas größere polygonale Stärkekörner laufen unter Bildung breiter abtretender, zackiger Fortsätze in dieselben aus.

Auf Behandlung mit Jod-Jodkaliumlösung nehmen in frischen Schnitten wie in solchen von Blattstücken, in denen nach vorüber gehender Einwirkung von Alkohol das Stroma der Chlorophyllkörper gelb geworden ist, die meisten der weißen Körper eine blaß- bis tiefviolette oder blaue Färbung an. Bei tiefer Färbung sind in ihrem Innern körnig geformte Teile nicht mehr zu erkennen, dagegen tritt die Form der Stärkekörner und namentlich ihre zackigen und fädigen, nachweislich öfter kontinuierlich mit dem umgebenden Stroma zusammenhängenden Fortsätze häufig deutlicher hervor als vorher (Taf. IV, Fig. 1 *a—g*). Die zackigen Fortsätze sind öfter noch in ihrem Anfangsteil, wenn auch schwächer als die übrige Kornsubstanz, blau oder violett gefärbt, aber auch von dem Kern ab- oder aus demselben ausgetretene derbere Fäden sind mitunter gefärbt, wie es in *m*, Fig. 1 der Fall war. Ist die Färbung des Stärkekorns eine blasse, so sind körnig-fädige oder netzförmige Einschlüsse in seinem Innern und ebenso eine fädig-körnige Begrenzung häufig noch wahrzunehmen (Fig. 1 *h—p*), und dieselben sind dann bald ebenso gefärbt wie die Grund- oder Zwischensubstanz, bald mehr oder weniger deutlich dunkler als dieselbe. So waren der zackige Körper im Innern des gleichfalls zackigen Stärkekorns von *n*, die körnigen Einschlüsse der Stärkekörner in *m*, *o* und *p* wie die Fäden der genetzten Stärkekörner in *k* und *l* dunkler gefärbt als die Zwischensubstanz, und in *m* ragten aus dem Stärkekorn dunkler als die Substanz des letzteren gefärbte Fäden frei in das umgebende, ganz ungefärbte Stroma ein. Mitunter erscheint dagegen nach Zusatz der Jodlösung die Begrenzung des Korns unbestimmter und verwaschener als vorher, wenn in seiner nächsten Umgebung sich in der Substanz zwischen den Stromateilen bereits Stärke gebildet hat; die blaue oder violette Färbung läuft dann nicht bloß allmählich und ohne alle scharfe Abgrenzung in die Umgebung aus, sondern greift auch etwas über die Grenze

hinaus, welche das Korn vor Zusatz der Jodlösung zu besitzen schien.

Es bestätigen somit die mitgeteilten Befunde die erwähnten früheren, in denen bereits ausdrücklich angeführt wurde, daß die Stärkebildung sich nicht bloß in unveränderten oder verdickten Stromateilen, sondern mitunter auch in der Grundsubstanz vollzieht.

Die große Mehrzahl der weißen Körner in den Chlorophyllkörpern nimmt auf Jodzusatz eine violette oder blaue Färbung an, einzelne aber bleiben auch bei längerer Einwirkung der Jodlösung ungefärbt, während die übrigen in demselben Chlorophyllkörper befindlichen sich rasch gefärbt haben; es sind demnach die Veränderungen, welche die Entfärbung der Stromateile bewirken, zwar in der Regel aber nicht immer von der Bildung von Stärke begleitet. Auf der anderen Seite werden aber auch grüne Netzabschnitte, einzelne derbere grüne Netzknötchen wie derbere grüne Fäden und Stränge durch Jodlösung gefärbt, es tritt aber in diesem Falle die Färbung nicht rasch ein, sondern erst nach einiger Zeit, ist anfangs sehr schwach und nimmt im Verlaufe $^1/_4$—$^1/_2$ Stunde an Intensität allmählich zu. Das gleiche Verhalten zeigen Stromateile von Chlorophyllkörpern, die nach Einlegen des Blattstücks in Alkohol eine gleichmäßig gelbe oder gelbbraune Färbung angenommen haben; die wie bei grünen Stromateilen anfangs sehr blaß und schmutzig violette Färbung wird allmählich tief und mehr oder weniger braun violett und betrifft häufig aber nicht ausschließlich derbere, zum Teil sehr beträchtlich verdickte Stromateile. Es ist demnach weder das Auftreten entfärbter Körner in den Chlorophyllkörpern für sich unter allen Umständen beweisend dafür, daß diese Körner stärkehaltig sind, noch schließt die Färbung der Stromateile durch Chlorophyll das Vorhandensein von Stärke in denselben ohne weiteres aus. Selbstverständlich eignen sich zur Prüfung ihres Verhaltens bei der Stärkebildung nur Chlorophyllkörper mit geringem Dickendurchmesser, deren Inneres sich vollkommen deutlich übersehen läßt; übrigens sind hier wie in den Blättern von Dracaena, Aloe, Rhododendron, Sanseviera manche der Stromafäden so derb, daß sie, wie auch einzelne der vom Umfang der Chlorophyllkörper abtretenden gefärbten oder ungefärbten Fäden und ebenso das Vorkommen isolierter grüner Körnchen und Körnchen im Zellinhalt schon bei einer 450-fachen Vergrößerung wahrgenommen werden können.

In betreff des Vorkommens von Stärke im Kern äußert sich Schimper dahin, daß es jetzt als vollständig festgestelt angesehen werden kann, daß im Zellkern keine Stärke gebildet wird; es soll sich in solchen Fällen stets nur um den Zellkern dicht umliegende Chromatophoren handeln [1]). Trotz der großen Zuversichtlichkeit, mit welcher Schimper seine Behauptung aufgestellt hat, verhält sich die Sache doch anders, und ich habe von neuem Gelegenheit gehabt, mich und andere vom Auftreten von Stärkekörnern im Kerninnern und von der Unrichtigkeit der Angaben Schimper's und anderer zu überzeugen.

Daß die Bilder von dem Kern unmittelbar an-, unter- oder aufliegenden Stärkekörnern zu Verwechslungen Veranlassung geben können, ist leicht begreiflich, wenn aber thatsächlich in stärkehaltigen Zellen die Kerne in der großen Mehrzahl der Fälle ganz frei von Stärke sind, so folgt daraus keineswegs, daß dies immer der Fall sein müßte. Ich habe bereits an den früher untersuchten Objekten mich auf das bestimmteste von dem Auftreten von Stärkekörnern im Innern der Kerne, mitunter auch von der Umwandlung des Kernkörperchens in Stärke überzeugt und neuerdings Gelegenheit gehabt, ganz entsprechende Beobachtungen an den Kernen des Rindenparenchyms eines jungen Knollens von Orchis bifolia zu machen. Neben Kernen mit nur an-, unter- oder aufgelagerten Stärkekörnern fanden sich hier, mitunter zu mehreren in einem Schnitt oder Zerzupfungspräparat, solche mit Stärkeeinschlüssen, die bald nur die Größe eines Knotenpunktes derberer Stromabälkchen hatten, bald die des Kernkörperchens erreichten. Ich habe solche Kerne mit Stärkeeinschlüssen den Teilnehmern an einem mikroskopischen Kurs, wie den Herren Dr. Carrington-Purvis, B. sc., und Dr. Mollberg, gezeigt und es haben sich dieselben ohne weiteres überzeugt, daß es sich lediglich um im Innern des Kerns befindliche Stärke handelte. Auf Taf. IV, Fig. 2, *a*—*d*, sind Kerne mit Stärkekörnern abgebildet, die in *a* und *b* mit ihren zackigen Fortsätzen in das umgebende Stroma ausliefen, während in *b* die fädige Begrenzung des derberen polyedrischen Korns und ein paar noch in demselben zu unterscheidende Körnchen darauf hinweisen, daß sich dasselbe aus einem kleinen Gerüstabschnitt entwickelt hat. Der Kern *d* schließt eine größere Anzahl zackiger Stärkeknoten ein und außerdem sind deren 2 in seine Wand eingelagert und prominieren etwas sowohl nach außen als nach innen.

1) Pringsheim's Jahrbücher, Bd. 16.

In *a* war dem Kernumfang ein 3 kleine Stärkeknötchen einschließendes Protoplasmaklümpchen angelagert. — Beim Zerzupfen von Schnitten, die mit Chlorzinkjod behandelt worden sind, gelingt es leicht, eine größere Anzahl von Kernen ganz zu isolieren und dadurch ihre Prüfung auf Stärkeeinschlüsse zu erleichtern. — Auch in vereinzelten Kernen aus den Zellen der Nährblätter der Tulpenzwiebel waren Stärkekörner von der Größe eines Kernkörperchens enthalten.

Die Thatsache, daß Stärke sowohl in assimilierenden Teilen als in ungefärbtem netzförmigen Protoplasma und in Kernen in der Substanz der Netze oder gleichzeitig auch in der Grundsubstanz gebildet wird, in welche die Netze eingebettet sind, war von mir bereits festgestellt und veröffentlicht worden, ehe noch eine Abhandlung von Schimper [1]) erschienen war, in welcher derselbe die merkwürdige Behauptung aufstellt, daß in chlorophyllfreien stärkebildenden Pflanzenteilen sich die Stärke ausschließlich in eigentümlich lichtbrechenden und eigentümlich geformten Körperchen entwickelt, welche er Stärkebildner nennt und als unentwickelte Chlorophyllkörper betrachtet, die unter dem Einfluß des Lichts sich zum Teil zu solchen umzubilden vermögen. Aus meinen früheren und aus den im folgenden mitgeteilten Beobachtungen geht dagegen hervor, daß sich Stärke in jedem Teil des protoplasmatischen Zellinhalts entwickeln kann, nicht bloß in eigentümlich lichtbrechenden und eigentümlich geformten Körperchen, und daß es mithin ganz ungerechtfertigt ist, die letzteren als Stärkebildner zu bezeichnen und auf Grund dieser ihnen ausschließlich zugeschriebenen Funktion sie von dem übrigen protoplasmatischen Zellinhalt zu trennen [2]).

Zur Untersuchung der Vorgänge bei Bildung von Stärke in nicht assimilierenden Pflanzenteilen dienten die Knollen von

---

1) Untersuchung über die Entstehung der Stärkekörner. Botan. Zeitung 1880. No. 52.

2) Auch Mikosch (Wiener Sitzungsber. 1885, 1. Abt.) weist die Behauptungen Schimper's zurück, da er in lebhaft vegetierenden, plasmareichen Organen Stärke nicht in besonderen Körpern des Zellinhalts, sondern an beliebigen Stellen des Zellplasmas fand (Zea Mais) und weil bei den Böhm'schen Versuchen nach Zuckerzufuhr wohl zahlreiche Stärkekörner aber keine Stärkebildner entstehen. Da es keine Schwierigkeiten hat, festzustellen, daß entsprechend den vollkommen richtigen Angaben früherer Beobachter überall im Protoplasma (im wandständigen wie in dem den Kern umschließenden) und

Phajus grandifol., Orchis bif., Cyclamen europ., wie die Tulpenzwiebel.

Abgesehen von dem protoplasmatischen, zur Stärkebildung in unmittelbarer Beziehung stehenden Zellinhalt fanden sich stark glänzende, scharfkantige Kristalloide vereinzelt in den Zellen der Nährblätter der Tulpenzwiebel (Taf. IV, Fig. 8, II, Fig. II) und in den Zellen des Knollenparenchyms von Cyclamen (Fig. 8, I), in letzteren hie und da auch in den Intercellularräumen neben Protoplasma oder neben aus demselben hervorgegangenen neugebildeten Membranlamellen. Ähnliche Kristalloide waren hie und da auch im Rindenparenchym von Phajus enthalten, die ihre Abstammung vom Protoplasma auch dadurch zu verraten scheinen, daß ihre im übrigen homogene Substanz noch hie und da Streifen von körniger oder von körnigfädiger Substanz einschließt (Fig. 8, III). Daneben finden sich aber in manchen Abschnitten des Rindenparenchyms in überaus großer Zahl, spärlicher in den Zellen des Marks, hell-tiefblau gefärbte, meist sehr kleine, gleichfalls aus Protoplasma hervorgegangene Kristalloid und Farbstoffkörper [1]) eingestreut. Die kleinsten treten in Form einzelner blauer, eckiger Körnchen und Knötchen auf, größere, vom Durchmesser eines Kernkörperchens bis zu dem eines kleinen Kerns, lassen häufig noch eine Zusammensetzung aus einzelnen blauen Körnchen und mit ihnen verbundenen blauen Fäden erkennen, sind mitunter rundlich, sehr häufig aber eckig und greifen mit einzelnen blauen stielartigen Fortsätzen in das umgebende Protoplasma aus (Fig. 8, V). Manche der größeren Formen Formen, wie sie in der Rinde, dem Mark und in den Gefäßen meist nur vereinzelt, hie und da aber auch in größerer Zahl vorkommen, besitzen ein ausgesprochen kristallinisches Gefüge, erscheinen als einzelne oder zu Büscheln gruppierte und von einem gemeinschaftlichen Mittelpunkt ausstrahlende Nadeln und werden mitunter noch von homogenem ungefärbten Protoplasma umschlossen oder schließen ungefärbte Protoplasmafäden und Körnchen zwischen sich ein (Fig. 8, IV, *a, b, c*).

---

in Kernbändern sich kleine Stärkekörnchen und Knötchen entwickeln können, so ist es schwer begreiflich, wie DE VRIES, SACHS, STRASBURGER u. a. eine für die Physiologie der Zelle so wichtige Thatsache ganz übersehen und ohne das geringste Bedenken die Behauptungen und Angaben SCHIMPER's adoptieren konnten.

1) Nach MÜLLER-THURGAU entsteht der blaue Farbstoff hier wie bei einigen anderen Orchideen aus dem Chromogen des Indigo beim Absterben der Zelle. (Landwirtsch. Jahrbücher, Bd. 9, S. 157.)

Nur ganz ausnahmsweise waren in Kernen des Rindenparenchyms kleine blaue Kristalloide enthalten, etwas häufiger in Leukoplasten.

An mit Jod behandelten Präparaten lassen sich auch die Formen mit nicht ausgeprägtem kristallinischem Gefüge durch die andere Nüance ihres Blau von kleinen Stärkekörnern unterscheiden.

Durch absoluten Alkohol und Amylalkohol werden die Kristalloide nicht entfärbt, dagegen löst sich der Farbstoff in Chloroform im Verlauf einer Stunde.

In konzentrierter Schwefelsäure verblassen die Kristalloide, werden im Verlaufe einer halben Stunde ganz entfärbt und lassen neben derberen faserigen und körnigen Gebilden eine sehr fein und blaß granulierte Substanz zurück.

In rauchender Salpetersäure entfärben sie sich im Verlaufe von 5—10 Minuten und lassen Klümpchen oder Schollen protoplasmatischer, sehr blaßgelber Substanz zurück, die sich nach Zusatz von Ammoniak tiefer gelb färbt; bei der Entfärbung treten Stäbchen, Nadeln und Fäden, wie Körner und Körnchen zuerst deutlicher vor, dieselben verbacken aber dann, zum Teil unter körnig werden der ersteren zur Bildung rundlicher Körper von fädigem oder granuliertem Aussehen, die noch einzelne Knoten und Stränge enthalten.

Durch konzentrierte Chromsäure werden die Kristalloide im Verlaufe von ein paar Minuten entfärbt.

Neben fein körnig-fädigem oder mehr oder weniger deutlich genetztem, blassem Protoplasma enthalten die Parenchymzellen der Knollen der genannten Pflanzen und der Zwiebelnährblätter der Tulpe in großer Verbreitung protoplasmatische Massen von anderer Beschaffenheit: homogene, stark glänzende, ungefärbte oder gelbliche Körper und aus diesen hervorgegangene Netzlamellen oder Schichten, die gleichfalls durch ihren Glanz und häufig durch eine gelbe Färbung ausgezeichnet sind (Taf. IV, Fig. 6 v. Cyclamen). Dieselben sind bald rund, oval oder spindelförmig, bald sehr unregelmäßig gestaltet und mit zackigen Fortsätzen versehen, liegen ganz frei im Zellinnern oder hängen mit der Wandschicht zusammen oder bilden einen Teil der letzteren. Die homogenen Körper wandeln sich unter Vakuolisierung in genetzte um, und häufig trifft man solche, die zum Teil homogen, zum Teil vakuolisiert und zum Teil genetzt sind. Die Netze zeigen nach Weite der Maschen und Stärke der Netzteile sehr beträchtliche Verschiedenheiten, aber

auch engmaschige und feinfädige Netze sind noch durch den Glanz der Netzsubstanz und die häufig gelbliche Färbung derselben ausgezeichnet. Die einen Teil des Wandbelegs bildende homogenen oder genetzten glänzenden Massen gehen häufig ohne scharfe Grenze und unter Abnahme ihres Glanzes in das umgebende netzförmige, blasse Protoplasma über, scheinen sich direkt in das letztere umzuwandeln, eine Vorstufe desselben darzustellen.

Der Kürze wegen bezeichne ich im folgenden das glänzende, homogene oder genetzte, einen Teil des Wandbelegs bildende oder in den letzteren sich fortsetzende Plasma als Aglaoplasma (von ἀγλαός, glänzend), und homogene oder genetzte, frei im Zellinnern liegende glänzende Körper als Aglaoplasten.

Im Knollen von Orchis bif. waren homogene Aglaoplasten in manchen Zellen des Rindenparenchyms enthalten.

In den Nährblättern der Tulpenzwiebel fanden sich große und kleine homogene wie genetzte Aglaoplasten und ebenso homogenes oder genetztes Aglaoplasma in großer Verbreitung und Häufigkeit.

Im Knollen von Cyclamen enthalten nicht bloß zahlreiche Zellen des Parenchyms Aglaoplasma und Aglaoplasten, sondern häufig auch die Zellen des Weichbastes. Gelbe bis braune, runde oder unregelmäßig geformte homogene, vakuolisierte oder fein granulierte Aglaoplasten erfüllen außerdem in großer Zahl die Zellen innerhalb eines braunen, längs der Abgangsstelle der Wurzeln sich hinziehenden Streifens am unteren Umfang des Knollens. Innerhalb der Wurzeln waren größere gelbe und braune Aglaoplasten in den Epidermiszellen, in der Rinde und in der Umgebung der Gefäße enthalten, vereinzelte innerhalb der Gefäße, während im übrigen das Parenchym nur kleinere braune und gelbe Körner in wechselnd dichter Stellung enthielt.

In der Rinde des Scheinknollens von Phajus waren Aglaoplasma und Aglaoplasten in wechselnder Häufigkeit enthalten, in geringerer Menge in den Zellen des Marks, nur in der Umgebung der Gefäße mitunter in größerer Zahl, selten innerhalb derselben. An Stellen, wo sie im Rindenparenchym fehlten, enthielten die Zellen des letzteren zu 1 oder mehreren runde oder ovale Gebilde (Leukoplasten), die in einem zarten und sehr dichten Stroma einzelne derbere Knötchen und Stränge einschließen. Hie und da finden sich Gruppen von Zellen, in welchen sich aus homogenen Aglaoplasten neben feinkörniger, einzelne derbere Körner und

Knoten einschließender Substanz glänzende, meist ziemlich derbe, gerade, zickzackförmig oder geschlängelt verlaufende Fasern entwickelt haben, die nur spärliche Anastomosen eingehen, bald unter vielfachen Überkreuzungen einen dichten Knäuel bilden, bald isoliert in den Zellraum einragen, in körniger Substanz oder in kleinen Klümpchen homogener Substanz wurzeln und mitunter knotige Verdickungen tragen (Taf. IV, Fig. 7, I u. II).

Aglaoplasma und Aglaoplasten geben die Xanthoproteinreaktion und werden durch Jod meist intensiver gelb gefärbt als das blasse, feinkörnig-fädige oder genetzte Protoplasma. Im Parenchym des Knollens von Cyclamen wurden sie durch Eosin nicht, die Aglaoplasten im Scheinknollen von Phajus zum Teil, die aus ihrer Differenzierung hervorgegangene Netzsubstanz dagegen immer lebhaft gefärbt.

Aglaoplasma und Aglaoplasten zeigen die gleiche Beschaffenheit wie in Schnitten von gehärteten Präparaten in frisch mit 1proz. Zuckerlösung untersuchten Schnitten. Zur Härtung der Knollen und Zwiebeln war erst eine Lösung von chromsaurem Ammoniak und nach Auswaschen des letzteren Spiritus verwendet worden. Aglaoplasma, Aglaoplasten, Protoplasmanetze und fein und blaß körnig-fädige Protoplasmamassen werden auf Zusatz einer konzentrierten Lösung von chromsaurem Ammoniak zu dem in 1proz. Zuckerlösung befindlichen Präparat nicht merklich verändert, während die Kerne etwas quellen, ihre Netzstruktur dunkler und deutlicher wird. — Läßt man absoluten Alkohol zu einem frischen Präparat treten, so bleiben manche Netzlamellen und Netzschichten gleichfalls unverändert, während in anderen die Septen der Netze körnig werden, so daß die ursprünglich vorhandene scharfe Zeichnung ganz verloren geht. Schichten dicht- und feinkörnigen Protoplasmas bleiben unter Einwirkung des Alkohols unverändert oder werden dunkler und trüber, die vorher sehr blassen Körnchen und Fäden treten deutlicher hervor.

Stärkekörner entstehen sowohl im Aglaoplasma und in Aglaoplasten als in wandständigem oder das Zellinnere einnehmendem Protoplasma von gewöhnlicher Beschaffenheit. Ihr Wachstum erfolgt immer durch Apposition auf Kosten der umgebenden Substanz des Protoplasma, des Aglaoplasma wie der Aglaoplasten.

1) Aglaoplasma und Aglaoplasten schließen häufig kleinste und größere Stärkekörner in ihrer homogenen oder genetzten Substanz

ein (Taf. IV, Fig. 4, I—VII von Cyclamen), innerhalb der Netze so, daß die Stärkekörner knapp von den Netzfäden umschlossen werden. In wandständigem homogenen Aglaoplasma liegen die Stärkekörner ziemlich häufig in Reihen hintereinander und sind bald vollständig in das letztere eingebettet, bald prominieren sie mit einem Teil ihres Umfangs frei in das Zellinnere. Stärkehaltige homogene oder genetzte Aglaoplasten von Spindel oder Kahnform (die sogen. Stärkebildner Schimper's) finden sich häufig im Knollen von Cyclamen und in der Tulpenzwiebel, und in ersterem war die Mehrzahl der überhaupt vorhandenen Stärkekörner in Aglaoplasma und in Aglaoplasten eingebettet.

In homogenem Aglaoplasma und in homogenen Aglaoplasten vollzieht sich die Stärkebildung, ohne daß ihre Substanz, abgesehen von ihrem Glanz, eine merkliche Änderung erfährt, dieselbe bewahrt ihre homogene Beschaffenheit, nimmt auf Jodzusatz bald nur eine blaß blaue, bald eine tief blaue Färbung an und die gefärbten Abschnitte sind von der umgebenden glänzenden, nicht geblauten Substanz bald scharf geschieden, erscheinen als besondere, in die letztere eingelagerte Körper, bald gehen sie in die letztere ohne alle scharfe Grenze, unter ganz allmählicher Abnahme der Blaufärbung über. Taf. IV, Fig. 4, III, ist eine größtenteils homogene Scholle abgebildet, die zum größten Teil durch Jod eine blaue Färbung angenommen hat, ein paar Gruppen dunkler geblauter Körnchen einschließt, im Bereiche ihres Umfangs rechts aber noch ein glänzendes Aussehen und eine gelbliche Färbung darbietet. In Fig. 4, I u. II, liegen je ein kleines und ein größeres ziemlich scharf umschriebenes Korn in einem homogenen Aglaoplast.

Innerhalb genetzten Aglaoplasmas und genetzter Aglaoplasten erfolgt das Wachstum der Stärkekörner auf Kosten der umgebenden Netzsubstanz. Man sieht sehr häufig, namentlich bei Cyclamen, daß die fädige Einfassung eines Korns zur Hälfte, zum dritten Teil oder nur in ganz beschränkter Ausdehnung eine nur blaß blaue Färbung angenommen hat, oder daß etwas breitere Streifen blaß blauer Netzsubstanz einen Teil der Kornperipherie unmittelbar, mitunter in Form einer halbmondförmigen Kappe angelagert oder von der Kornperipherie noch durch eine schmale Zone nicht geblauten Aglaoplasmas getrennt sind. Seltener geht das Weiterschreiten der Stärkebildung in mehr radiärer Richtung, senkrecht zur Oberfläche des Korns, vor sich, es erscheint dann das letztere mit kleinen knötchen-knopfförmigen

Erhabenheiten oder mit kurzen Zäckchen besetzt, oder es liegen in der unmittelbaren Nachbarschaft desselben, aber noch nicht mit ihm verschmolzen, kleine runde oder ovale, aus Netzteilen hervorgegangene Stärkekörnchen.

2) Die Vorgänge bei Bildung und Wachstum der Stärkekörner in blassem Protoplasma von gewöhnlicher Beschaffenheit sind denen in Chlorophyllkörpern und im Protoplasma assimilierender Zellen ganz analog und auch ganz unabhängig davon, ob sie sich in wandständigem, in im Innern der Zellen enthaltenem Protoplasma oder in besonderen, vom übrigen protoplasmatischen Zellinhalt gesonderten Körpern, Leukoplasten, vollziehen. Das Wachstum der Stärkekörner war von dem der in Aglaoplasma oder in Aglaoplasten eingeschlossenen Stärkekörner an den untersuchten Objekten nur insofern unterschieden, als dasselbe häufiger unter Bildung zackiger, stielartiger oder lappiger Fortsätze erfolgt, mit welchen das Korn in das umgebende Protoplasma ausgreift und durch dieselben sehr unregelmäßige Formen erhält.

Die kleinsten Stärkekörner erscheinen nach Behandlung der Schnitte mit Jod-Jodkaliumlösung als violette oder blaue Knötchen, von denen die kleinsten nur den Durchmesser eines derberen Netzknotenpunktes, etwas größere den eines Kernkörperchens besitzen. Sie liegen vereinzelt oder in Gruppen dicht zusammen, sind rund oder eckig und greifen ziemlich häufig mit fädigen oder zackigen, teils ungefärbten, teils deutlich blaß blauen Fortsätzen in das umgebende Protoplasma ein. Wenn die kernkörpergroßen Körner nur blaß durch Jod gefärbt sind, läßt sich häufig eine Zusammensetzung derselben aus Körnchen und aus sehr kurzen und feinen, zum Teil mit diesen verbundenen Fädchen erkennen, auch erscheint dann meist das ganze Gebilde nach außen durch einen fädigen, vollständigen oder unterbrochenen, aus Stromateilen gebildeten Kontur begrenzt. In großer Häufigkeit fanden sich zu 1 oder mehreren derartige Stärkekörner in den Leukoplasten des Rindenparenchyms vom Phajusknollen (Taf. IV, Fig. 5, I). An Körnern, die in einer sehr dünnen Protoplasmaschicht eingeschlossen sind, läßt sich feststellen, daß die blaue oder violette Färbung bald sowohl an den Fäden und Körnchen als an der Grundsubstanz haftet, bald nur an den ersteren, die auch bei gleichzeitiger Färbung der Grundsubstanz mitunter dunkler als diese gefärbt sind. Hie und da finden sich auch sehr kleine Körner, an welchen nur ihre fädige, mit Körnchen oder mit kleinen zackigen Fortsätzen besetzte Grenzlinie eine deutlich blaue oder violette Färbung zeigt, während ihr

Inneres ganz ungefärbt geblieben ist (Taf. IV, Fig. 5, III v. Phajus) so daß sie als sehr kleine blaue oder violette Ringel erscheinen und außerdem in der unmittelbaren Umgebung kleiner und größerer Körner, hie und da auch ohne diese, vereinzelt, zu mehreren oder neben stärkehaltigen Knötchen im Protoplasma eingestreut stärkehaltige Fäden und strangförmige Gebilde, die bei geradem oder etwas gebogenem Verlauf mitunter am Ende oder in der Mitte etwas knotig aufgetrieben sind und zum Teil ein körniges Aussehen besitzen (Taf. IV, Fig. 5, II u. X v. Phajus, Fig. 3, I von d. Tulpenzwiebel).

Die Menge der Stärke ist häufig schon in den kleinsten Körnern so beträchtlich, daß sie durch Jod eine tiefblaue Färbung annehmen, daneben finden sich aber auch größere Körner von teils runder oder ovaler, teils sehr unregelmäßiger, ausgezackter, mitunter gelappter Form (Taf. IV, Fig. 3, II, III, IV, VI, Fig. 5, VI' VIII, IX, X, Fig. 4, X, XII), die nur eine blaß blaue oder zum Teil eine blaß, zum Teil eine gesättigt blaue Färbung angenommen haben. Innerhalb der nur blaß gefärbten Abschnitte lassen sich sehr häufig Stromateile des Protoplasma als einzelne Körnchen und Fäden oder als Netzbruchstücke bald nur stellenweise, bald in der ganzen Ausdehnung der ersteren unterscheiden (Fig. 3, II, IV, V, Fig. 4, VIII—XI, Fig. 5, VIII u. IX), es hat also hier die Stärkebildung größere Netzabschnitte betroffen, es ist aber weder zum Schwund der Netzteile gekommen, noch ist die Menge der Stärke so beträchtlich, daß dadurch die ursprünglichen Strukturverhältnisse verdeckt worden wären. Es werden hier wie in den kleinen Körnern Stromateile und Grundsubstanz bald gleichmäßig durch Jod gefärbt, bald nur die ersteren oder dieselben wenigstens dunkler als Grundsubstanz. Einzelne der Körnchen und Netzknötchen sind häufig dicker und tiefer blau gefärbt, außerdem trifft man im Innern blaß blauer Netzabschnitte mitunter kleine stärkereichere, dunkler blau als die letzteren gefärbte, rundliche oder eckige, mit Fortsätzen versehene Körper, die eine körnige Beschaffenheit bald noch erkennen lassen, bald nicht (Fig. 3, IV, Fig. 5, VI); auch in Stärkekörnern, die von protoplasmatischen Teilen in ihrem Innern gar nichts mehr erkennen lassen, sind häufig einzelne Stellen beträchtlich tiefer gefärbt als die übrigen, ist also die Stärkebildung nicht gleichmäßig vorgeschritten (Fig. 3, VI).

Unter den vom Umfang der Stärkekörper abtretenden stärkehaltigen Fortsätzen sind die derberen, zackigen, stielförmigen, kolbigen oder gelappten (Fig. 3, IV u. VI, Fig. 4, XII, Fig. 5, VIII

bis XIII) zum Teil homogen, zum Teil lassen sie ebenfalls noch eine körnig-fädige Beschaffenheit ihres Innern erkennen (in XII, Fig. 5 längs des sägeförmig ausgezackten Randes des hakenförmigen Stärkekörpers) oder besitzen eine fädige Einfassung. Die einzelnen von der Peripherie des Korns ab- oder aus demselben austretenden Fäden (Fig. 3, II) werden nur zum Teil durch Jod geblaut. In Fig. 4, IX, X u. XI gehen von den Stärkekörpern sowohl derbere zackige Fortsätze als einzelne Fäden ab; am unteren Umfang von XII, Fig. 4, waren dieselben blau gefärbt und untereinander netzförmig verbunden.

Da die derberen, zackigen oder gelappten, blaß blau sich färbenden Fortsätze der Stärkekörper häufig noch protoplasmatische Strukturen in ihrem Innern wahrnehmen lassen und da die einzelnen feinen vom Umfang der Stärkekörper oder von ihren derberen Fortsätzen abtretenden, zum Teil sich licht blau färbenden Fäden sich unmittelbar in die umgebenden Protoplasmanetze fortsetzen, zu Teilen derselben werden, kann es keinem Zweifel unterliegen, daß die Stärkekörner, wie sie aus protoplasmatischen Teilen hervorgegangen sind, auch hier, ebenso wie im Aglaoplasma und in Aglaoplasten, auf Kosten derselben wachsen. Zu einer allseitigen und mehr gleichmäßigen Dickenzunahme des Stärkekörpers kommt es dann, wenn die Fortsätze mit ihrem Längenwachstum sich gleichzeitig von der Abgangsstelle aus auf Kosten der umgebenden Netzsubstanz verdicken, um schließlich mit ihren basalen Abschnitten zu konfluieren.

Häufiger als in der eben beschriebenen Weise unter Bildung von mehr oder weniger dicht und senkrecht oder schräg zur Oberfläche des Körpers gestellten Fortsätzen, erfolgt, wie im Aglaoplasma und in Aglaoplasten auch im blassen, netzförmigen Protoplasma das Wachstum der Stärkekörner unter Anlagerung neuer stärkehaltiger Lamellen oder Schichten des letzteren, die das Korn vollständig oder teilweise umschließen, ihm unmittelbar angelagert oder von seiner Oberfläche noch durch eine schmale Zone stärkefreien Protoplasmas getrennt sind.

Die das Korn umschließende Protoplasmaschicht bietet mitunter keine Besonderheiten ihrer Beschaffenheit dar, überaus häufig aber erscheinen Stärkekörner von allen Größen eingefaßt von einer im Durchschnitt ring- oder spangenförmigen Hülle von verdichtetem, etwas stärker glänzenden Protoplasma, das entweder homogen erscheint oder aus sehr dicht zusammengedrängten, zum

Teil auch derberen, etwas glänzenden Körnchen und Fäden besteht und sich durch Eosin häufig dunkler färbt als das übrige Protoplasma. Nach ihrem Glanz könnte man versucht sein, die Hülle vom Aglaoplasma abzuleiten, das bei Bildung der Stärke nicht ganz verbraucht worden ist, indessen erscheint dies deshalb wenig wahrscheinlich, weil sie nie die häufig gelbe Färbung des ersteren zeigt und bei Stärkekörnern sehr verschiedener Größe das sie umgebende Protoplasma immer blaß, nicht glänzend war. Ist die Hülle derber, so macht sie den Eindruck einer das Korn umschließenden Kapsel, auf die neuerdings auch Russow [1]) aufmerksam geworden ist, der nach Zusatz von Jod und Schwefelsäure jedes Korn von einer Plasmahaut umschlossen sah und die vollkommen unmotivierte Behauptung aufstellt, daß die Bildung sämtlicher Stärkekörner innerhalb Plasmasäckchen vor sich gehe. An den von mir untersuchten Objekten sind die Plasmahüllen ohne jede Behandlung der Schnitte und sehr leicht wahrzunehmen.

Schon Stärkekörner, die nur den doppelten Durchmesser eines Kernkörperchens besitzen, zeigen mitunter eine solche Einfassung, viel häufiger ist sie bei solchen von der Größe eines Chlorophyllkorns oder eines Kerns, und wenn dieselben in Gruppen zusammenliegen, macht es den Eindruck, als gehöre die Kapsel nicht sowohl dem übrigen Protoplasma als den Stärkekörnern selbst an. Umfangreiche, den Zellenraum zum großen Teil erfüllende Stärkekörner besitzen zum Teil gleichfalls eine solche kapselartige Hülle, sehr häufig ist dieselbe aber hier unvollständig oder läuft in eine größere, einem Teil des Kornumfangs häufig kappenförmig aufsitzende Schicht Protoplasmas (sogen. Stärkebildner) aus, wie sie namentlich an zuckerhutförmigen Körnern deren Basis umgreift. Anderen großen Körnern fehlt eine solche Hülle ganz, sie liegen völlig frei oder es haften kleinere oder größere Protoplasmamengen nur einzelnen Teilen ihres Umfangs an, ohne aber eine besondere Beschaffenheit darzubieten.

Auch die von einer Kapsel eingeschlossenen Stärkekörner wachsen durch Apposition, indem die erstere ganz, oder wenn sie derber ist, nur mit einer inneren, äußeren oder mittleren Lamelle stärkehaltig und durch Jod blaß blau gefärbt wird. Häufig ist aber die Kapsel nur zur Hälfte, zu $^1/_3$ ihres Umfangs oder in ganz beschränkter Ausdehnung und dann mitunter an mehreren Stellen stärkehaltig, andere Male enthält sie nur ein paar Stärke-

1) Sitzungsbericht der Dorpater Naturforschergesellsch. Aug. 1884.

körnchen oder kleine Stärkekörner. In Taf. IV, Fig. 5 XI sitzt dem oberen Umfang des tiefblauen Korns eine blaßblaue, teils netzförmige, teils homogene Kappe auf und von der Netzschicht zieht sich ein schmaler, feinkörniger, blaßblauer Saum längs des linken Umfangs des Korns herab.

Ziemlich häufig kommen auch Körner vor, welche zum Teil von einer stärkehaltigen Kapsel umschlossen werden, zum Teil aber mit stärkehaltigen buckel-, zipfelförmigen oder zackigen Fortsätzen in das umgebende Protoplasma eingreifen. Das Wachstum erfolgt also hier teils durch Anlagerung konzentrischer Schichten, teils von einzelnen Stellen der Oberfläche ausgehend in einer zur letzteren mehr oder weniger senkrechten Richtung.

Im Innern mancher kleinerer, anscheinend durch Anlagerung konzentrischer Schichten sich vergrößernder Körner ist noch ein lichter blau als die Hülle gefärbter, blasse Körnchen und Fäden einschließender Kern zu unterscheiden, wie Taf. IV, Fig. 3, VII und Fig. 4, XIII. Sehr wahrscheinlich handelt es sich hier um Lösung der Stärke in den zentralen Partien des Korns, da nach Baranetzky [1]) derartige Formen bei Phaseolus multiflorus sowohl bei der Keimung als bei künstlichen Lösungsversuchen wahrgenommen wurden, ebenso in treibenden Kartoffelknollen und in keimenden Roßkastaniensamen; mit Fortschreiten der Lösung nach der Peripherie nimmt die Höhlung an Umfang zu, ihre Wandung wird durchbrochen und schließlich ganz oder bis auf geringe Reste gelöst.

Wollte man die von mir auf das Wachstum der Stärkekörner bezogenen Wahrnehmungen auf eine beginnende Lösung der Stärke zurückführen, so würde immerhin der Umstand, daß Netzteile in den peripheren Abschnitten und in den Fortsätzen der Stärkekörner nachgewiesen wurden und mit dem umgebenden Protoplasma zusammenhängen, beweisend dafür sein, daß die letzteren auf Kosten des Protoplasmas gewachsen waren. Es sind aber die Formen, welche die Körner bei Lösung der Stärke darbieten, verschieden von den auf ihr Wachstum bezogenen, es entstehen im ersteren Fall Defekte, größere und kleinere Spalten, Lücken und Löcher an den Körnern, partielle Aushöhlungen, und auch bei der künstlichen Verdauung bieten die stärkehaltigen Reste der Körner nur ganz vereinzelte Formen dar, die den auf das Wachs-

1) Die stärkeumbildenden Fermente in den Pflanzen. Leipzig 1878.

tum bezogenen ähnlich sind (Taf. V, Fig. 4), während feinere zackige Fortsätze ganz fehlen.

Da die Stärkekörner überall auf Kosten des Protoplasmas wachsen, liegt natürlich der Schluß nahe, daß ganz frei liegende Körner überhaupt nicht mehr wachsen und teilweise frei liegende nur, soweit sie noch einen Protoplasmaüberzug besitzen. Dagegen muß ich auf von mir zuerst gemachte, frühere Befunde verweisen, nach denen in Zellen mit Protoplasmaströmungen und im Inhalt der Köpfchen der Drüsenhaare von Pelargonium geformte Teile sich verflüssigen, aus flüssigem Plasma geformte Teile sich wieder differenzieren können [1]; nun können diese Befunde selbstverständlich nicht ohne weiteres auf Zellen anderer Art übertragen werden, immerhin läßt sich die Möglichkeit nicht in Abrede stellen, daß derartige Vorgänge auch in stärkehaltigen Zellen stattfinden, daß aus ihrem flüssigen Inhalt sich Schichten dichteren, homogenen oder netzförmigen Plasmas differenzieren, dem Umfang von bereits vorhandenen nackten Stärkekörnern anlagern und auf diese Weise neues Material zum Wachstum der letzteren liefern.

War die Angabe Schimper's, daß die Stärkekörner in nicht assimilierenden Organen mit ihrer Entwickelung an ganz besondere Körper des Zellinhalts, die Stärkebildner, gebunden seien, einfach falsch, so läßt seine Hypothese über das Wachstum der Stärkekörner an Unklarheit nichts zu wünschen übrig, während er über das Verhalten des Protoplasmas bei Bildung und Wachstum der Stärkekörner nicht das geringste ermittelt hat [2]).

---

1) Beobachtungen etc., S. 50 u. flgd.; Untersuchungen über Struktur etc., S. 255 u. flgd.

2) Sch. hat als Referent von meinen Untersuchungen über Struktur, Lebenserscheinungen und Reaktionen tierischer und pflanzlicher Zellen dieses Werk als ebenso oder womöglich noch mehr unbrauchbar als meine früheren Arbeiten bezeichnet und bedauert, daß ich trotz dem absprechenden Urteil der meisten Referenten Muße und Zeit „auf" pflanzliche Objekte verliere. Ich hatte nicht die geringste Veranlassung mich von diesem absprechenden Urteil beeinflussen zu lassen, immerhin habe ich es bedauert, Zeit mit polemischen Bemerkungen verlieren zu müssen, die ich lieber anderweitig verwendet hätte. Ich möchte aber bei dieser Gelegenheit Schimper, Meyer und anderen Referenten, denen es an der nötigen Beobachtungsgabe fehlt, anempfehlen, das Bestehen der in Abrede gestellten und schon ohne Anwendung starker Vergrößerungen sichtbaren Strukturverhältnisse — wie das Vorkommen von Membranlücken, das Vorkommen von Protoplasma, von Stärke- und Chlorophyllkörnern in Intercellularen, das Auftreten kleinster Stärkekörnchen im wandstän-

Da die jüngsten Teile der Stärkekörner häufig, mitunter auch ihr Inneres ganz oder teilweise protoplasmatische Strukturen erkennen lassen, ließ sich vermuten, daß diese Strukturen von entstärkten Körnern deutlicher vortreten würden. Entsprechend dieser Vermutung zeigte sich auch an Schnitten (Tulpenzwiebel, Phajusknollen), deren Stärkekörner durch eine 5—10 Stunden lang oder noch länger fortgesetzte Einwirkung von Speichel oder Pankreassaft bei 45 ° C. teilweise oder ganz entstärkt worden sind, daß die Stärkecellulose nur bei einem Teil der Körner ein vollkommen homogenes Aussehen darbietet, gleichviel ob die Körner von verdichtetem oder nicht verdichtetem Protoplasma umschlossen werden oder ganz frei im Zellinnern liegen; daneben finden sich aber in großer Häufigkeit andere, welche bald nur in der Peripherie, bald auch im Innern Strukturen erkennen lassen, die denen des Protoplasma gleichen und sich direkt in das letztere von der Kornperipherie aus fortsetzen.

Die in der Stärkecellulose eingeschlossenen Körnchen und Fäden sind meist blaß und fein, blässer als die in der Kapsel enthaltenen, schließen aber nicht selten einzelne derbere und stärker brechende oder Gruppen derselben ein. Nach ihrer Menge und der Art ihrer Verteilung zeigen sie ein verschiedenes Verhalten.

Manche im übrigen in den entfärbten Abschnitten homogene Körner werden zum Teil oder ringsum eingefaßt durch einen sehr zarten, blassen, teils feinfädigen, teils feinkörnigen Saum, der nach außen durch die Innenfläche der Kapsel begrenzt wird, aber nicht dieser sondern einem sehr zarten, die Peripherie des Korns umspinnenden Fadenwerk zugehört. An Körnern ohne Kapsel oder im Bereiche von Lücken derselben ragen feine und kurze Fäden frei nach außen vor (Taf. V, Fig. 5 u. 6) oder senken sich in eine anliegende Schicht nicht verdichteten Protoplasmas ein.

An anderen Körnern bietet streckenweise die ganze periphere Schicht der Cellulose eine fein und blaß körnig-fädige Beschaffenheit dar, wie in Fig. 1—4, oder greift von der Peripherie tiefer in das Innere des Korns ein, wie in Fig. 9. In Fig. 1 und 3

---

digen Protoplasma, in den Kernbändern und in dem den Kern ausschließenden Protoplasma, die Chlorophyllmetamorphose geschwellter Cutikularschnitte der Blattepidermis von Euphorbia — sich von etwas geübteren und befähigten Teilnehmern an einem mikroskopischen Kurs demonstrieren zu lassen.

umgreift, von dem granulierten Abschnitt der Peripherie des Korns ausgehend, ein feiner fädiger Kontur nach innen von der Kapsel einen Teil des Kornumfangs. Auch im Innern der entstärkten Abschnitte finden sich mitunter Körnchen und Fäden vereinzelt, trupp- oder reihenweise (Fig. 7 u. 8) oder durchsetzen dasselbe in mehr oder weniger gleichmäßiger Verbreitung und dichter Stellung (Fig. 10—12), schließen mitunter auch vereinzelte derbere, stärker brechende Körnchen ein, wie truppenweise Anhäufungen derselben (Fig. 11). Von der körnig-fädigen Peripherie der entstärkten Kornsubstanz sieht man beim Fehlen einer besonderen dichteren Hülle auch hier feine Fäden frei abtreten (Fig. 4, 9, 13) oder sich in das umgebende Protoplasma einsenken.

Die Cellulose einzelner Körner schließt derbere blasse Körner, Fasern und Stränge ein (Fig. 6, 8, 13) oder zeigt Andeutungen eines geschichteten Gefüges (Fig. 2, 5, 9).

Da zahlreiche entstärkte Körner vollkommen homogen sind, keine Spur von protoplasmatischen Einschlüssen in der Cellulose erkennen lassen, könnte man vermuten, daß homogene Kornsubstanz aus einer Umwandlung von homogenen Protoplasma hervorgegangen sei, feinkörnig-fädige Kornsubstanz aus feinkörnig-fädigem Protoplasma, daß das Protoplasma also überall, wenigstens morphologisch, die Beschaffenheit bewahrt habe, welche es bei Bildung von Stärke und Stärkecellulose ursprünglich hatte.

Da aber überaus häufig Körner vorkommen, welche nur in ihrer Peripherie noch protoplasmatische Einschlüsse erkennen lassen, während nach dem Innern zu die Cellulose ganz homogen wird, so erscheint es wahrscheinlicher, daß bei Bildung und Wachstum der Stärkekörner innerhalb netzförmigen Protoplasmas die Netzteile meist nur anfangs noch sichtbar bleiben, bei weiter gehender Bildung von Stärke dagegen schwinden. Ob und wie weit aber dies Schwinden bewirkt wird lediglich durch zunehmende Einlagerung von Stärkemolekülen in das Protoplasma oder auf Kosten und unter zu Grunde gehen des letzteren, bleibt zunächst ganz dahingestellt.

Da auch in völlig entwickelten und ganz homogenen Membranen sich häufig das Vorhandensein von Eiweißverbindungen oder Spaltungsprodukten derselben nachweisen läßt, war es natürlich von Interesse festzustellen, ob das Gleiche bei der Stärkecellulose der Fall ist.

Zahlreiche darauf hin angestellte Prüfungen der Cellulosekörner von der Tulpenzwiebel und dem Knollen von Phajus mit-

tels der Xanthoproteinsäurereaktion haben nur in einer beschränkten Anzahl von Fällen ein positives Resultat geliefert. Die Schnitte mit den Skeletten wurden vor dem Ammoniakzusatz entweder mit rauchender Salpetersäure behandelt oder mit sogen. konzentrierter Salpetersäure (von 1,18 spec. Gew.) 1—2 Minuten lang, bis zum Sieden der Flüssigkeit, erwärmt. Die bei weitem große Mehrzahl der Skelette blieb völlig farblos, während ihre protoplasmatischen Hüllen, das Protoplasma in der Umgebung und zum Teil auch die Membranen eine mehr oder weniger lebhafte gelbe Färbung angenommen hatten. Nur einzelne vollkommen oder zum größten Teil frei liegende, nicht von einer Kapsel umschlossene und in Protoplasma eingebettete homogene Skelette hatten eine deutlich blaßgelbe, ihnen nicht von umgebenden gefärbten Teilen mitgeteilte Färbung angenommen. Häufiger trat dieselbe in den peripheren Abschnitten der Skelette auf, soweit dieselben eine fein granulierte Beschaffenheit darboten, und zwar war die Färbung entweder eine mehr diffuse oder sie haftete an den Körnchen oder an diesen und den daneben sichtbaren feinen und kurzen Fädchen, die ihrerseits in der Peripherie des Korns mit den Protoplasmanetzen der Umgebung kontinuierlich zusammenhängen. Die Möglichkeit, daß auch ganz homogene Skelette noch Reste von Eiweißkörpern oder Spaltungsprodukte derselben einschließen, wird dagegen durch die meist negativen Befunde bei Anwendung der Xanthoproteinsäurereaktion nicht ausgeschlossen, und bedarf ihr Verhalten anderen Eiweißreaktionen gegenüber einer genaueren Prüfung.

Jod und den gebräuchlichen Färbemitteln gegenüber zeigt die Stärkecellulose ein wesentlich anderes Verhalten als die Membranen. Durch Jod-Jodkaliumlösung wurden bei nur einige Minuten langer Einwirkung nur einzelne Skelette blaßgelb gefärbt und häufiger die granulierten Abschnitte derselben als die ganz homogenen; an Skeletten von Phajusknollen wurden die Querstreifen nicht, wohl aber die körnige, zwischen ihnen befindliche Substanz gefärbt. Alaun-Borax-Lithionkarmin, Haematoxylin, Eosin, Hansteinsches Anilingemisch und Goldchlorid bewirkten keine Färbung.

Die Resultate der von mir bezüglich der Stärkebildung im Protoplasma, im Kern und in den Chlorophyllkörpern gemachten Beobachtungen fasse ich im folgenden zusammen.

Die Bildung der Stärke geht sowohl im Protoplasma als im Kern und in den Chlorophyllkörpern von den Netzteilen oder

von diesen und von der Grundsubstanz aus, in welche die Netze eingebettet sind.

Vereinzelt oder gruppenweise auftretende stärkehaltige, durch Jod blau oder violett gefärbte Netzteile erscheinen in Form von rundlichen Körnchen, von ausgezackten, mit einzelnen Fortsätzen in die umgebende Netzhaut eingreifenden Knötchen, von eine Netzmasche einschließenden Ringeln wie als einzelne Fäden oder als derbere faserige Stränge.

Die kleinsten, nur kernkörpergroßen Stärkekörner bestehen aus einem Netzklümpchen, in welchem entweder nur die Netzteile oder diese und die Grundsubstanz gefärbt sind, falls die Färbung nicht überhaupt zu tief ist, um Besonderheiten im Innern erkennen zu lassen. In Chlorophyllkörpern werden durch Jod-Jodkaliumlösung nicht bloß entfärbte Abschnitte gefärbt, sondern auch grüne Stromateile; die Färbung ist dann eine schmutzig violette und tritt erst allmählich, im Verlaufe von $^1/_4$—$^1/_2$ Stunde nach Zusatz der Reagens ein.

Die Menge der gebildeten Stärke nimmt meist rasch zu, so daß auch kleine Körner sehr häufig von einer fädigen Struktur nichts erkennen lassen; hie und da trifft man dagegen zum Teil ziemlich unregelmäßig gestaltete Netzschollen, die den Durchmesser eines Kerns erreichen, ein netzförmiges Stroma noch mehr oder weniger deutlich unterscheiden lassen und in ihrer ganzen oder größten Ausdehnung durch Jod nur blaß blau gefärbt werden. Einzelne Stromateile sind häufig derber und dunkler gefärbt als die übrigen, auch schließen häufig blaß gefärbte Körner dunkler gefärbte und dabei ziemlich scharf umschriebene Netzabschnitte ein.

Das Wachstum der Körner erfolgt nur durch Apposition und nach einem doppelten Modus, entweder unter Bildung stärkehaltiger, zackiger, gestielter, lappiger, homogener oder Netzsubstanz einschließender Fortsätze, von denen, wie vom übrigen Umfang des Korns aus geblaute wie ungefärbte Netzfäden in das umgebende ungefärbte Protoplasma eingreifen, oder unter Bildung von stärkehaltigen, schalenartig einem Teil der Oberfläche des Korns sich unmittelbar anlegenden oder von der letzteren anfangs noch durch eine schmale ungefärbte Zone getrennten Lamellen von Netzsubstanz. Außerdem finden sich in der Umgebung der Körner häufig derbe, stärkehaltige Körnchen und Knötchen vereinzelt, trupp- oder reihenweise in das Protoplasma eingelagert, andere Male stärkehaltige Fasern oder Stränge.

Auch Stärkekörner, die von einer besonderen, dichteren, protoplasmatischen Kapsel umschlossen werden, vergrößern sich auf Kosten der letzteren, die ganz oder, falls sie derber ist, zunächst mit einer inneren, mittleren oder äußeren Lamelle stärkehaltig wird.

Bei manchen Stärkekörnern erfolgt das Wachstum sowohl durch Anlagerung stärkehaltiger Protoplasmaschichten als durch Bildung von in das umgebende Protoplasma ausgreifenden, mehr oder weniger senkrecht zur Oberfläche des Korns gestellten Fortsätzen.

Die in glänzendem, homogenem Protoplasma (Aglaoplasma und Aglaoplasten) eingeschlossenen Stärkekörnchen und Körner sind bald scharf umschrieben, in dasselbe wie eingesprengt, bald gehen tief blau gefärbte Abschnitte ganz allmählich unter stetiger Abnahme der Färbung in ungefärbte Abschnitte über.

Da aus flüssigem Plasma sich geformte Teile, Netzlamellen und Schichten differenzieren können (Zellen mit Plasmaströmung Köpfchen der Drüsenhaare von Pelargonium), so ist die Möglichkeit gegeben, daß sich frei liegende Stärkekörner mit einer Schicht homogenen oder genetzten Protoplasmas umgeben und auf Kosten desselben weiter wachsen.

Entstärkte Körner lassen häufig in der Peripherie oder auch in ihrem Innern eine fein und blaß körnig-fädige Struktur erkennen, und daß dieselbe protoplasmatischen Teilen angehört, geht daraus hervor, daß die von der Peripherie des Korns abtretenden aber noch in der Substanz des letzteren wurzelnden Fäden sich unmittelbar in die umgebenden Protoplasmanetze fortsetzen, während sie frei nach außen vorragen, wo das Korn nicht vom Protoplasma umschlossen wird.

Durch die Xanthoproteinsäurereaktion wurden entstärkte und ganz homogene Körner nur selten, häufiger im Bereich körniger Abschnitte die Körnchen gelb gefärbt, die auch durch Jod eine gelbe Färbung annahmen.

6) Über Bildung von Chlorophyll aus Stärkekörnern.

In betreff der Beziehungen des Chlorophylls zur Stärke hat v. Mohl[1]) zuerst darauf hingewiesen, daß Chlorophyll sich um die Amylumkörner wie um einen Kern ansammle, daß sich aber auch umgekehrt das im Chlorophyll liegende Amylum selbständig

1) Bot. Zeitung 1855, S. 115.

vergrößern kann und sich wohl auch in ursprünlich ganz amylumfreiem Chlorophyll erst bildet. Mit Rücksicht aber auf „das Vorkommen von Chlorophyll in Zellen, welche kein Amylum enthielten, das Vorkommen von hautförmigen Chlorophyllgebilden, denen keine entsprechenden Amylumbildungen oder Anhäufungen von Amylumkörnern vorausgingen, auf das Wachstum von Chlorophyllkörnern, nachdem die Amylumkörner aus denselben verschwunden sind, auf die bei anderen Pflanzen gleichzeitige Vergrößerung der Amylumkörner und Chlorophyllkörner —“ kommt Mohl zu dem Schlusse, „daß das Chlorophyll nicht aus der Umwandlung von Stärkekörnern hervorgeht, sondern daß beide Bildungen, wenn sie auch häufig miteinander verbunden sind, dennoch unabhängig voneinander entstehen“.

Nach Hartig [1]) wandelt sich dagegen in den Kotylen von Phaseolus, in denen der Koniferen, von Fraxinus, Lupinus und einiger anderer Stärke in Chlorophyll um.

Nach Sachs [2]) kann es ausnahmsweise und in Organen, die ursprünglich zur Chlorophyllbildung nicht bestimmt sind (Kartoffelknollen), vorkommen, daß sich farbloses Protoplasma um Stärkekörner herumlagert, sie einhüllt und dabei selbst ergrünt; Sachs bezeichnet derartige Formen als falsche Chlorophyllkörner.

Den gleichen Modus der Chlorophyllbildung beobachtete Weiss [3]) in jungen Haaren von Cucurbita pepo, in denen um die Amylumkörner sich eine zuerst sehr blaß grün gefärbte Hülle lagert, deren Färbung an Intensität zunimmt und durch Goldgelb ins Rotgelbe übergeht. Bei Aeschinanthus ramosissimus wie in den Zellen des Perigons von Cannaarten entsteht der orange Farbstoff der Blumenblätter in der die Stärkekörner einschließenden Plasmahülle und nimmt an Intensität zu, während das Amylumkorn immer kleiner und kleiner wird, und es vermutet Weiss, das Amylum werde zur Bildung des eigentlichen Pigments verwendet.

Die braunen, in den Geweben von Niottia nidus avis enthaltenen Farbstoffkörper sind nach Wiesner [4]) in dieser Pflanze die Träger des Chlorophylls; bezüglich ihrer Entstehung schließt

---

1) Entwicklungsgeschichte d. Pflanzenkeims, S. 107, 130, 138, 141, 145. (Nach d. Zitat von Mikosch).

2) Experimentalphysiologie, S. 315.

3) Sitzungsberichte der Wiener Akad. d. Wissensch., 54. Bd., 1. Abt. 1866.

4) Pringsheim's Jahrbücher für wissensch. Botanik. 8. Bd.

Wiesner einen Zusammenhang der Stärkesubstanz mit ihrer Substanz nicht aus, kann aber keineswegs ein Hervorgehen dieser Gebilde aus Amylumkörnchen durch direkte chemische Metamorphose der letzteren für richtig halten. Auch die in den Geweben von Orobranchen enthaltenen Farbstoffkörper gehen nicht aus Stärke, sondern unmittelbar aus dem Plasma hervor.

Eingehendere Angaben über die Bildung von Chlorophyll aus Stärke sind später von Haberlandt [1]), Mikosch [2]) und in neuester Zeit von Belzung [3]) gemacht worden, und die genannten Beobachter sprechen sich übereinstimmend dahin aus, daß die Bildung des Chlorophylls sich unter Umständen auf Kosten der Stärkekörner vollzieht, so daß nach Schwund der letzteren ihre Stelle von Chlorophyllkörnern eingenommen wird.

Nach Haberlandt und Mikosch umgeben sich die kleinen zusammengesetzten Stärkekörner in den Kotylen von Phaseolus multiflorus und vulgaris mit einer ergrünenden Plasmahülle, und während dieselbe sich zwischen die Teilkörner einschiebt, verkleinern sich und verschwinden die letzteren, so daß an die Stelle des früheren Stärkekorns ein echtes Chlorophyllkorn getreten ist, das sich teilen und assimilieren kann. Im dunklen entwickeln sich Etiolinkörner mit Stärkeeinschlüssen.

Die gleiche Bildungsweise von Chlorophyll verfolgte Mikosch in den Kotylen einer Anzahl anderer Pflanzen, sowohl in solchen, die von Anfang an stärkehaltig sind, als in solchen, in denen die Stärke erst während der Keimung entsteht, ebenso in den unteren Mesophyllzellen der Primordialblätter, der Blattstiele und Stengel von Vicia Faba, V. sativa, Pisum sativum und Ervum lens und konnte bei geringer Zahl der Chlorophyllkörper (hypokotyles Stengelglied von Polygonum) an einem und demselben Präparat, ja in derselben Zelle alle möglichen Entwicklungsstufen vom ganz schwach grün gefärbten Stärkekorn bis zum echten Chlorophyllkorn verfolgen. Entsprechende Befunde ergaben auch im Dunklen ergrünte Keimpflanzen der Koniferen, wo also nicht daran zu denken war, daß die von Chlorophyll umschlossenen Stärkekörner durch Assimilation entstanden seien.

Die Angaben von Belzung stimmen bezüglich der Bildung der von ihm Chloroamylite genannten Stärkechlorophyllkörper

1) Bot. Zeitung 1877.

2) Sitzungsberichte der Wiener Akad. der Wissenschaften. Bd. 78, 1. Abt.

3) Annales des sciences naturelles, 1887.

(Cotyledonen der Linse, Wicke, Erbse, junger Bohnenpflanzen) mit denen von Haberlandt und Mikosch, 3. Teil, überein, betreffen aber außerdem auch die weiteren Schicksale der Stärkechlorophyllkörper.

Die grüne, die Stärkekörner umgebende Hülle ist anfangs homogen, wird dann körnig und nach Schwund der Stärke entsteht ein granuliertes Chlorophyllkorn, an dessen Bildung das Protoplasma gar nicht beteiligt ist und dessen Skelett durch das Skelett des Stärkekorns gebildet wird. Sind in dem neu entstandenen Chlorophyllkorn noch einzelne Stärkekörner unverändert zurückgeblieben, so gleichen dieselben den in den Blättern erwachsener Pflanzen durch Assimilation entstandenen. Der grüne Farbstoff bildet sich aus der combinierten Aktion gelöster stickstoffhaltiger Substanzen und der verdauten Substanz des Stärkekorns unter dem Einfluß gewisser Lichtstrahlen. Die Chloroamylite sind nicht im stande zu assimilieren, es sind ephemere Bildungen, deren Zerstörung schon mit völligem Schwund des Stärkekorns beginnt, aus dem sie hervorgegangen; sie entfärben sich, werden zu einfachen Amyliten, dabei wird ihre Form unregelmäßig, ihre Granulierung schwindet und endlich schwinden sie selbst.

Die Chloroamylite existieren als einzige Form der Chlorophyllkörper nur während der ersten Wochen der Keimung, später entstehen Chlorophyllkörper aus dem Protoplasma, Chloroleucite, die kleiner, dunkler grün als die ersteren und ganz frei von Stärke sind. An einer und derselben Zelle können sich beide Formen vorfinden.

Auch aus Reservestärkekörnern (Kartoffelknollen) entstehen am Licht Chloroamylite. Die Dicke des grünen Überzugs der Körner nimmt in gleichem Maße zu als die Stärke aus denselben schwindet, so daß nach Form und Größe die Chloroamylite ganz den Stärkekörnern gleichen, aus denen sie hervorgegangen sind. Die Lösung der Stärke erfolgt dabei ganz gleichmäßig und ohne Corrosion. Gleichzeitig können auch hier Chloroleucite in der Rinde entstehen.

Die Vorgänge bei Bildung von Chlorophyllkörpern unter Beteiligung der Substanz der Stärkekörner sind von mir an der ergrünten Rinde von Kartoffeln verfolgt worden.

1) In Knollen, die erst eine lichtgrüne Färbung angenommen haben, enthalten die unmittelbar unter der Korkschicht befindlichen Zellen des Rindenparenchyms in ziemlicher Anzahl kleine runde, ovale oder spindelförmige Chlorophyllkörper wie

Leukoplasten von ähnlicher Form und Größe, von denen einzelne eine ganz schwach grüne Färbung besitzen und die wie die Chlorophyllkörper teils wandständig teils um den Kern gelagert sind. Stärkekörner sind nur in sehr vereinzelten Zellen, in größerer Zahl erst in den etwas tieferen Lagen des Rindenparenchyms enthalten und besitzen hier zum Teil eine dünne, sie meist nur unvollständig umschließende grüne Hülle. Weitmaschige ungefärbte Protoplasmanetze schließen nicht selten sehr engmaschige ergrünte Netzschichten ein oder kleine Chlorophyllkörper. Vereinzelt finden sich blasse, homogene, ungefärbte, zum Teil vakuolisierte Schollen.

2) In Knollen mit gesättigt grüner Färbung zeigt die äußerste Lage des Rindenparenchyms ein ähnliches Verhalten wie an schwach ergrünten Knollen und enthält auch jetzt neben zahlreichen kleinen, aus Leukoplasten hervorgegangenen Chlorophyllkörnern nur sehr spärlich eingestreute Stärkekörner. In den nächst tieferen Lagen des Rindenparenchyms enthalten die Chlorophyllkörper zum Teil kleine Stärkekörnchen und es treten in größerer Häufigkeit ergrünte Lamellen und Schichten genetzten, eng- oder weitmaschigen Protoplasmas auf. An weitmaschigen Netzen sind bald nur die Netzsepten bald auch die Maschensubstanz ergrünt, die ersteren dann tiefer als die letzteren. Dabei setzen sich häufig die gefärbten Fäden kontinuierlich fort in die ungefärbter Teile der Netzlamellen, in ganz entsprechender Weise wie dies bezüglich des Zusammenhangs grüner, von den Chlorophyllkörpern abtretender Fäden mit ungefärbten Fäden der Protoplasmanetze für eine Anzahl Objekte von mir festgestellt worden ist.

Neben den kleinen Chlorophyllkörpern und den farblosen oder ergrünten Protoplasmalamellen und Schichten fallen in der Rinde, unmittelbar unter der äußersten Zelllage überall jetzt in großer Zahl eingestreute Stärkekörner auf, deren Peripherie ganz oder teilweise eingefaßt wird durch eine im Durchschnitt sichel- oder ringförmige Hülle gelber oder grüner, mitunter nur teilweise gefärbter Substanz. Dieselbe ist homogen oder besitzt das gleiche dicht und fein körnig-fädige, resp. netzförmige Gefüge wie das Protoplasma. Da die Stärkekörner sehr häufig eine kapselartige Hülle von Protoplasma besitzen, liegt natürlich die Annahme am nächsten, daß eine solche hier gleichfalls vorhanden gewesen und ebenso ergrünt ist wie das Protoplasma in anderen Teilen des Zellinhalts, und dafür scheint auch der Umstand zu sprechen, daß die grünen Hüllen keineswegs immer nach außen scharf abgegrenzt

sind, sondern mitunter in zipfelförmige oder fetzige grüne Anhänge auslaufen oder mit größeren unregelmäßig geformten grünen Protoplasmamassen zusammenhängen. Außerdem liegen ziemlich häufig die grünen Hüllen dem Stärkekorn nicht dicht an, sondern haben sich von demselben in größerer oder geringerer Ausdehnung abgelöst oder liegen als Hohlschalen, anscheinend nach völligem Schwund der Stärke, ganz frei vor.

Sehr häufig wird aber das zentral oder exzentrisch gelegene Stärkekorn nicht von einer Schale sondern von einer ziemlich mächtigen Schicht grüner, homogener oder fein körnig-fädiger Substanz umschlossen, deren Dicke den Durchmesser des Korns erreichen oder ihn noch übertreffen konnte, so daß das letztere sich seiner Größe nach zur grünen, umschließenden Schicht ähnlich verhält wie ein Kernkörperchen zum Kern. Da der Umfang derartiger grüner Körper meist scharf umschrieben ist und ihre Form der von unveränderten Stärkekörnern entspricht, so kann es den Anschein gewinnen, als sei die Bildung der grünen Substanz auf Kosten der peripheren Schicht der Stärkekörner erfolgt, und als habe das Stärkekorn sich in demselben Maße verkleinert als die es umschließende Schicht an Dicke zugenommen. Für diese Deutung scheint auch der Umstand zu sprechen, daß die grüne Schicht nicht immer in ihrer ganzen Dicke die gleiche Beschaffenheit und die gleiche Intensität der grünen Färbung darbietet; die letztere ist häufig, bald in der Peripherie, bald in der unmittelbaren Umgebung des Korn eine tiefere, so daß auf eine gelbliche oder heller grüne Zone eine oder zwei dunkler grüne Zonen folgen, und mitunter tritt deutlich in der Peripherie eine Schichtung auf, im Durchschnitt der Form von ein paar knapp aneinander liegenden Ringen oder Halbringen. Die Schichtung ist namentlich deutlich bei homogener Beschaffenheit der grünen Substanz und schwindet oder tritt weniger ausgesprochen hervor beim Übergang in körnige oder fein genetzte Abschnitte.

Da das Aussehen der feinen Schichtungsstreifen sehr an die Schichtung unveränderter Stärkekörner und die Schichtung ihrer durch künstliche Lösung der Granulose erhaltenen Skelette erinnert und da von mir an anderen Objekten nachgewiesen wurde, daß die Skelette in ihrer Peripherie häufig, mitunter aber auch in ihren zentralen Partien protoplasmatische Einschlüsse erkennen lassen, welche die Xanthoproteinsäurereaktion geben, so liegt es natürlich nahe, zu vermuten, daß hier nach Schwund der Granulose die Ergrünung von den protoplasmatischen Teilen der Skelette

ausgegangen ist und daß nach Schwund der Cellulose das ergrünte Protoplasma in Form einer mehr oder weniger dicken Kugelschale den Stärkerest umschließt. Die Möglichkeit eines solchen Vorgangs wird sich nicht in Abrede stellen lassen, indessen könnten ähnliche Bilder auch entstehen durch die successive Ablagerung schmaler, anfangs homogener, ergrünender und sich dann körnig-fädig differenzierender Plasmalamellen um kleine Stärkekörner. Auch das Alternieren blaß und dunkler grüner Zonen würde für sich allein nicht zum Nachweis dieses Vorgangs genügen, während es mit einiger Wahrscheinlichkeit auf sein Statthaben bezogen werden könnte, wenn auf andere Weise der Nachweis dieses Statthabens geliefert worden ist.

Es finden sich nun — zwar weniger häufig als die erwähnten Formen, mitunter aber zu mehreren in einer Zelle oder in den Zellen einer Zellgruppe — Körper von Form und Größe mittelgroßer und kleinerer Stärkekörner, in denen nach völligem oder teilweisem Schwund der Granulose die Cellulose gleichmäßig oder in Form einzelner konzentrischer Schichten bloß ergrünt oder mit Auftreten grünen, körnig-fädigen oder netzförmigen Protoplasmas ganz geschwunden ist. Selbstverständlich hat man sich in jedem Fall zu überzeugen, daß die grüne Färbung keine durch die ergrünte Hülle oder durch grüne auf- oder unterliegende Protoplasmamassen mitgeteilte ist. Um eine bloße Mitteilung der Färbung kann es sich überhaupt nicht handeln, wenn sie gelbgrün ist bei rein grüner Färbung der letzteren, und ebenso schließt das Auftreten von konzentrischen, grünen, durch helle ungefärbte Interstitien getrennten Celluloseschichten eine Entstehung der Färbung durch Mitteilung aus, da die Färbung in diesem Fall eine gleichmäßige oder anders verbreitete sein würde.

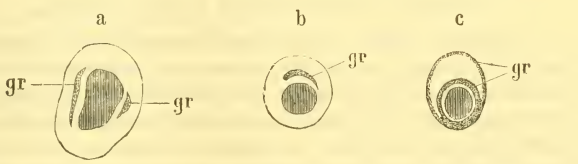
a. Cellulosekörper, die ein Granulosekorn ganz oder teilweise umschliefsen und ganz oder teilweise ergrünt sind.

Ziemlich häufig finden sich mit einer vollständigen oder unvollständigen grünen Hülle versehene Körper, welche ein exzentrisch oder zentral gelegenes Granulosekorn enthalten, das von homogener oder sehr fein und blaß granulierter Cellulose ganz oder teilweise umschlossen wird. Ist die Cellulose homogen, so läßt sie mitunter eine oder ein paar stärker brechende konzentrische Schichten erkennen. An mit Jod-Jodkaliumlösung behandelten Präparaten fallen Körper mit ungefärbter heller Cellulose leicht in die

Augen, da die letztere nach außen durch die grüne Hülle, nach innen durch den blauen, granulosehaltigen Kornrest begrenzt wird.

An Körpern mit teilweise ergrünter Cellulose bildet die ergrünte Substanz bald eine periphere Schicht, welche die innere, farblose, den Granuloserest unmittelbar umgebende teilweise umschließt, bald wird umgekehrt der letztere von einer grünen, im Durchschnitt ring- oder spangenförmigen Zone unmittelbar umschlossen und diese nach außen von ungefärbter Cellulose, während andere Male die letztere im Bereiche eines Teils ihres Umfangs in ihrer ganzen Dicke ergrünt ist. Der Kontur der Cellulose läßt sich auch bei Ergrünung ihrer peripheren Schicht und im Bereiche von angelagerten grünen Hüllen meist ohne Mühe bestimmen, es setzt sich der Kontur des ungefärbten oder grünen, freiliegenden Skelettabschnitts ohne Abweichung von seiner Verlaufsrichtung in den Kontur des mit einer grünen Hülle versehenen und selbst ergrünten Skelettabschnitts fort, es kann also keinem Zweifel unterliegen, daß es sich um ein Ergrünen der Cellulose, resp. der in derselben eingeschlossenen protoplasmatischen Teile handelt, sobald man sich vergewissert hat, daß die Färbung keine mitgeteilte ist.

Die homogenen, mit a, b und c bezeichneten Skelette enthalten



in a und b zwischen dem Granuloserest und der Peripherie Streifen ergrünter, körniger Substanz (gr), während eine grüne, das Skelett umfassende Hülle hier fehlt. Dieselbe findet sich bei c und verschmilzt hier am unteren Umfang mit einer den Granuloserest umschließenden grünen Zone, die von dem letzteren noch durch eine schmale Schicht ungefärbter Cellulose getrennt wird.

Mitunter wird auch der Granuloserest von zwei konzentrischen ergrünten Zonen des Skeletts umschlossen, die voneinander durch eine schmale, helle, ungefärbte Zone getrennt werden, oder es treten innerhalb des sonst ungefärbten Skeletts und wie eingesprengt in dasselbe nur einzelne, den Granuloserest unvollständig umkreisende grüne Streifen auf, die aber mitunter, wenn sie granuliert und

etwas dicker werden, zu einer einzigen Schicht verschmelzen. In etwas dickeren grünen und homogenen Schichten ist mitunter eine zarte konzentrische Lamellierung zu erkennen, die beim Übergang in granulierte Abschnitte undeutlich wird oder schwindet.

Neben Skeletten mit grünen konzentrischen Streifen und Schichten kommen andere vor, welche nur einzelne grüne Körnchen oder kleine Gruppen derselben einschließen, während die zwischen den Körnchen befindliche Substanz ungefärbt geblieben ist.

Vereinzelt fanden sich homogene oder granulierte, nicht von einer grünen Schale umschlossene Skelette mit einem Granulosekern, die eine gleichmäßig blaßgrüne Färbung angenommen hatten; andere ihnen ganz ähnliche waren mit einer grünen Schale versehen.

Wie die ungefärbte Cellulose so sind auch ihre ergrünten Abschnitte homogen oder fein und dicht granuliert und die grüne Färbung ist bald nur blaß- oder gelblich grün, bald eben so tief wie die der grünen Schalen. Homogene grüne Abschnitte, namentlich schmale ergrünte Streifen besitzen mitunter einen etwas stärkeren Glanz als ungefärbte und in den granulierten treten die Körnchen wie die feinen und kurzen Fäden öfter, namentlich bei lebhafter grüner Färbung, deutlicher vor als in den ungefärbten Partien.

b. Granulosefreie, ganz oder teilweise ergrünte Cellulosekörper.

Zahlreiche Skelette von der Größe eines kleinen Chlorophyllkorns bis zu der eines großen Kerns sind vollkommen frei von Granulose und zeigen bezüglich ihrer Beschaffenheit ähnliche Verschiedenheiten wie die einen Granuloserest einschließenden; eine grüne Schale ist bei vielen vorhanden, fehlt dagegen bei anderen. Manche Skelette sind ganz ungefärbt, andere nur in der mitunter eine Schichtung aufweisenden Peripherie oder sie sind, auch beim Fehlen einer grünen Hülle in ihrer ganzen Ausdehnung blaßgrün gefärbt, schließen dann aber mitunter, wie auch im übrigen ganz farblose Skelette, kleine Anhäufungen dunkler grün gefärbter, fein körnig-fädiger Substanz ein.

Nach den unter a und b mitgeteilten Befunden erscheint es sehr wahrscheinlich, daß sich in der That Chlorophyll aus Stärke entwickeln kann, indem entweder an Stelle der letzteren grüne, körnig-fädige, resp. netzförmige, dem Stroma von Chlorophyllkörpern gleichende Substanz tritt oder zunächst Cellulose zurückbleibt, die mitunter in ihrer ganzen Ausdehnung ergrünt, häufig aber nur in Form von Streifen und Schichten. Die letzteren sind homogen oder gleich-

falls körnig-fädig und treten bald in die Peripherie auf, bald umschließen sie knapp den Granuloserest oder es ist sowohl eine periphere als eine zentrale grüne Schicht oder Streifung vorhanden, die voneinander durch ungefärbte Cellulose getrennt werden, während andere Male nur einzelne schmale grüne, dem Granuloserest konzentrische Streifen ganz von sonst ungefärbter Cellulose umschlossen werden. Seltener finden sich innerhalb der letzteren mehr zerstreut liegende grüne Körnchen oder kleine umschriebene Anhäufungen derselben.

Protoplasmatische Körper, aus denen die ergrünten stärkehaltigen oder stärkefreien Körper hätten hervorgehen können, waren nicht vorhanden. Es fanden sich in der äußersten Schicht des Rindenparenchyms wie im Bereiche der ergrünenden Stärkekörner nur kleine Leukoplasten wie die kleinen aus diesen hervorgegangenen Chlorophyllkörper, aber nirgends protoplasmatische Gebilde, auf deren Umwandlung teils in Stärke teils in chlorophyllhaltige Substanz das Auftreten der bezüglichen Körper sich hätte zurückführen lassen. Dagegen finden sich alle Übergänge von den durch eine grüne Schale eingefaßten, selbst aber noch ganz unveränderten Stärkekörnern bis zu den nur einen kleinen Granuloserest einschließenden oder ganz granulosefreien und dabei ergrünten und außerdem den letzteren ganz gleichenden aber nicht von einer grünen Schale umschlossenen Körpern.

Die nicht ergrünten Skelette zeigen in ihrer Peripherie oder auch in ihren inneren Abschnitten mitunter die gleiche fein und blaß körnig-fädige Beschaffenheit, wie sie von mir an anderen Objekten durch künstliche Lösung der Stärke erhalten wurde, und der Kontur des Skeletts ist dann bald zart aber ziemlich scharf und wird durch einen fädigen, hie und da körnigen Grenzsaum gebildet, bald geht die körnig-fädige Struktur ohne alle scharfe Grenze in die des umgebenden Protoplasmas über. Wenn die nicht ergrünten homogenen Abschnitte der Skelette einen geschichteten Bau zeigen, wird derselbe wie bei den ergrünten beim Übergang in granulierte Abschnitte undeutlich oder schwindet.

Die Lösung der Stärke war meist ziemlich gleichmäßig von außen nach innen weiter geschritten, so daß die Form des Granuloserests der Form der Skelette ganz oder teilweise entspricht; partielle Aushöhlungen, Spaltungen und Formen, wie sie von Baranetzky bei künstlicher Lösung beschrieben wurden, fanden sich nur vereinzelt. Die innerhalb der Skelette befindlichen Granulosekörner werden durch Jod zum Teil nur blaß blau gefärbt.

Nach Belzung ist an Bildung des Stärkechlorophyllkorns das Protoplasma gar nicht beteiligt, sein Skelett wird durch das Skelett des Stärkekorns und der grüne Farbstoff durch die combinierte Aktion gelöster stickstoffhaltiger Substanzen und der verdauten Substanz des Stärkekorns unter dem Einfluß gewisser Lichtstrahlen gebildet. Es handelt sich aber meiner Ansicht nach keineswegs um eine bloße Tränkung der Cellulose mit Chlorophyll, sondern es erfährt dieselbe beim Ergrünen häufig eine Veränderung ihrer Beschaffenheit, wird stärker brechend, was namentlich an homogenen Lamellen auffällt oder schwindet ganz mit dem Auftreten körnig-fädiger Substanz, deren Körnchen und Fäden deutlicher und schärfer umschrieben sind als in den blaß granulierten ungefärbten Skelettabschnitten. Ich halte es für sehr wahrscheinlich, daß die grüne Färbung wie ein deutliches Stroma unter dem Einfluß lebender Substanz gebildet werden, die in den peripheren Abschnitten mancher Gerippe oder auch in ihrem Innern noch in Form einer feinen blassen granulierten oder körnig-fädigen Substanz auftritt und außerdem vielleicht auch in sehr feiner und für unsere Hilfsmittel nicht wahrnehmbarer Verteilung in den homogenen Abschnitten mancher Skelette enthalten ist, so daß die letzteren in dieser Beziehung ein manchen Zellmembranen analoges Verhalten darbieten würden.

Belzung bestreitet, daß die Stärkechlorophyllkörper im stande sind zu assimilieren, wie es Haberlandt und Mikosch annehmen, indessen finden sich in denselben mitunter kleine runde zarte, spindelförmige oder eckige Stärkekörnchen, die durch Assimilation entstanden sein können. Zum sicheren Nachweis, daß die von mir als Skelette bezeichneten Gebilde aus Cellulose bestehen, gehört aber noch der Nachweis ihres Verhaltens und des Verhaltens der durch künstliche Lösung der Stärke erhaltenen Skelette Farbstoffen und Reagentien gegenüber und der Nachweis der Unterschiede, welche in dieser Beziehung zwischen Skeletten und protoplasmatischen Teilen bestehen.

Über Um- und Neubildungen des Kernstromas in den Zellen der Zwiebelscheibe der Tulpe.

In einer Zelle der Blattepidermis von Sanseviera carnea hatte ich bei früheren Untersuchungen [1]) Umbildungen des Kernstromas wahrgenommen, Verdickung und Verdünnung, Glänzendwerden und

1) l. c. S. 280.

Verblassen der Stromateile, das Eingehen und Lösen von Verbindungen zwischen denselben, ihre Sonderung zu einzelnen Körnchen wie ihr völliges Schwinden und die Bildung neuer Stromateile — Vorgänge, die mit ihrem Ablauf gleichzeitig auch einen Wechsel in der Form des Kerns bedingten und denen ganz analog sind, welche von Stricker an den Kernen der Leukocyten vom Frosch, von mir an den Kernen der letzteren wie an denen von Flimmerzellen und von Leukocyten vom Salamander wahrgenommen wurden [1]).

Die polygonalen Zellen des Parenchyms der Scheibe der Tulpenzwiebel enthalten ziemlich große runde oder ovale Kerne (Taf. V, Fig. 14, 15, 16 a), deren Stroma bald nur aus sehr blassen und feinen, hie und da zu einem zarten Gerüst oder Reiserwerk verbundenen Fäden und Körnchen, resp. Fadendurchschnitten, besteht, bald außer denselben auch noch derbere blasse oder etwas glänzende Knoten und Stränge und 1—2 stärker glänzende und schärfer konturierte Kernkörperchen einschließt. Ziemlich häufig enthalten die Körner außerdem noch undeutlich begrenzte rundliche oder unregelmäßig geformte Anhäufungen einer sehr blassen, homogenen oder sehr fein und dicht granulierten Substanz (Fig. 14). Die Kernmembran weist hie und da kleine Lücken auf und hängt teils durch feine Fäden teils durch etwas derbere zackige Fortsätze mit dem Stroma zusammen. Die Scheibendurchschnitte wurden in 1proz. Zuckerlösung untersucht.

Bei einigen Kernen wurde während einer $^1/_2$—1stündigen Beobachtungsdauer ein unausgesetzter Wechsel in der Beschaffenheit des Stromas unter Schwund von Teilen desselben und Neubildung anderer beobachtet, und derselbe vollzog sich mitunter so rasch, daß schon während der Anfertigung einer Zeichnung des Stromas dasselbe eine andere Beschaffenheit als bei Beginn derselben darbot. Meist entstanden an Stelle der verblaßten oder ganz geschwundenen Stromateile bald wieder neue, mitunter kam es dagegen auch zur Bildung größerer Lücken, in denen sich erst nach einiger Zeit neue Formelemente entwickelten. Während des Entstehens und Vergehens der Stromateile wechselte auch die Stärke ihres Brechungsvermögens, es entwickelten sich an Stelle sehr schwach brechender nicht bloß anders geformte, sondern auch stärker brechende Stromateile und umgekehrt. In Fig. 19 *a*—*l* ist der Wechsel in der Beschaffenheit des Stromas an dem einen Pol

1) l. c., S. 280 u. 154.

eines ovalen Kerns abgebildet, wie er sich im Verlaufe einer Stunde unter mehr oder weniger beträchtlichem Wechsel in der Form des betreffenden Kernabschnitts in Pausen von 3—10 Minuten vollzogen hatte und bei Abbrechen der Beobachtung noch fortdauerte.

Die Dauer dieser dem noch lebenden Kern angehörigen Vorgänge ist in anderen Fällen eine beschränktere, und schon nach 8—10 Minuten oder noch früher treten Veränderungen ein, die dem Absterben der Kerne vorausgehen oder dasselbe begleiten. Die Kerne verkleinern sich rasch unter einer ruckweise erfolgenden Kontraktion oder unter allmählichem Zusammenrücken ihrer Stromateile (Fig. 16 *a* und *b*) und zum Teil unter Bildung derberer, schärfer konturierter, etwas glänzender Knoten in ihrem Innern, während gleichzeitig mitunter ihre Peripherie homogen und etwas glänzend wird. Dabei löst sich sehr häufig im Bereiche eines Teils des Kernumfangs das Kernstroma von der Membran ab und zieht sich von derselben zurück unter Hinterlassung einer mehr oder weniger beträchtlichen Lücke und unter Zusammenrücken und teilweisem Verschmelzen seiner Teile (Fig. 17 und 18). Einmal hatte sich das Kernstroma rascher zurückgezogen als die Grundsubstanz (Enchylema), die letztere bildete innerhalb der durch Retraktion des Stromas entstandenen Lücke eine blasse, sehr zart konturierte, dem retrahierten Stroma aufsitzende Halbkugel (Fig. 18), die sich rasch noch weiter, erst bis auf die unterbrochene Linie und schließlich bis zur Grenze des abgelösten Teils des Stromas zurückzog. Da die Zusammenziehung der Grundsubstanz der des Stromas nach- aber nicht gleichzeitig mit ihr erfolgte, muß der Zusammenhang ihrer Teile untereinander ein innigerer sein als mit den Stromateilen und mit der Membran.

Ob und wie weit analoge Veränderungen am Stroma der Kerne sich unter normalen Lebensbedingungen vollziehen, läßt sich zur Zeit nicht ermessen, immerhin ist zu vermuten, daß dies der Fall, und daß wie geformte Teile des Protoplasma in manchen Zellen so auch die Stromateile des ruhenden Kerns einem zeitweisen Wechsel in ihrer Beschaffenheit unterliegen oder ganz schwinden, während neue gebildet werden.

In seiner Morphologie und Physiologie der Pflanzenzelle giebt Zimmermann [1]) an, es sei durch die neueren Untersuchungen von

---

1) Encyclopaedie der Naturwissenschaften, Handbuch der Botanik. S. 503.

Flemming, Strasburger, Schmitz u. a. konstatiert worden, daß am ruhenden Zellkern, abgesehen vom Kernkörperchen, das Kerngerüst mit dem Kernsaft und die Kernmembran zu unterscheiden seien. Es ist aber dies nebst vielen andern neuen Thatsachen zuerst von mir und nicht von den genannten Autoren festgestellt und in den Sitzungsberichten der Jen. Gesellsch. f. Medizin und Naturwissenschaften (1879) und in den Beobachtungen über Struktur und Bewegungserscheinungen des Protoplasma (1880) veröffentlicht worden. In den Pflanzenzellen gelingt häufiger als bei den tierischen Zellen dieser Nachweis auch ohne Anwendung der neuesten „optischen Hilfsmittel" schon bei Benutzung mittelstarker Systeme, so bei den Kernen von Orchideen, von Aloe arboresc und grandident., wie bei den Kernen der Schale mancher Zwiebeln, so daß bei einigermaßen aufmerksamer Beobachtung man längst auf diese Strukturverhältnisse hätte aufmerksam werden müssen.

Zimmermann und ebenso Berthold [1]) teilen die Ansicht Flemming's, daß in der Grundmasse des Protoplasmas wohl fädige Differenzierungen vorkommen, daß sich aber das Bestehen von Netzgerüsten nicht erweisen läßt. Das, was die genannten Autoren nicht gesehen haben, entzieht sich jeder weiteren Diskussion, während die von Zimmermann im Anschluß an Flemming betonte Notwendigkeit, immer lebende Objekte mit den durch Reagentien erhaltenen Präparaten zu vergleichen, gewiß von niemand in Zweifel gezogen wird; es genügt aber der bloße Vergleich noch gar nicht, sondern es muß durch die direkte Beobachtung festgestellt werden, ob und welche Veränderungen innerhalb der lebenden Zellen am Protoplasma und Kern während des allmählichen Eindringens des Reagens eintreten. So konnte ich an den Epidermis- und Mesophyllzellen von Sanseviera c. nachweisen [2]), daß härtende, dabei aber angeblich auch die feineren Strukturverhältnisse intakt erhaltende Reagentien, wie absoluter Alkohol und schwache Chromsäurelösungen in manchen Zellbestandteilen nur geringe, in anderen dagegen sehr tief greifende Veränderungen hervorrufen und so leicht zu den gröbsten Täuschungen Veranlassung geben können.

Berthold glaubt, daß nur Annahme eines netzförmigen Baues des Protoplasmas theoretische Erwägungen geführt haben; „man schloß, das Protoplasma müsse unbedingt neben offenbar flüssigen Substanzen ein festes, zusammenhängendes Gerüstwerk besitzen,

1) Studien über die Protoplasmamechanik, 1886.
2) Untersuchungen etc., S. 299—305.

weil sonst seine vitalen Eigenschaften unerklärbar wären. Die Verlegenheit und theoretische Deduktionen haben somit hauptsächlich mit zu dieser Annahme geführt, die mit der Auffassung von dem flüssigen Aggregatzustand des Protoplasmakörpers, die bei der unbefangenen Betrachtung eines in Rotationsströmung befindlichen Zellinhalts notwendig entstehen muß, so sehr in Widerspruch steht." Ich bin dagegen auf den netzförmigen Bau des Protoplasmas nicht unter dem Einfluß theoretischer Anschauungen, ebensowenig aus irgend einer Verlegenheit, sondern ganz gelegentlich, bei pathologisch-histologischen Untersuchungen an den Nerven- und Bindesubstanzzellen des menschl. Rückenmarks aufmerksam geworden und habe diese Befunde an den Zellen anderer Gewebe weiter verfolgt, weil ich vermutete, daß es sich um in allgemeinerer Verbreitung den Zellen zukommende Strukturverhältnisse handele.

Nach Berthold wird bei Protoplasmaströmungen im Innern von Zellen die Bewegung dadurch ausgelöst, daß die Oberflächenspannung von Moment zu Moment wechselt mit dem Verlauf des Chemismus in der Zelle. Dadurch werden bewegende Kräfte gegeben und es fragt sich nur, ob sie groß genug sind, um ausgiebige Bewegungen hervorzurufen.

Dagegen geht aus der Richtung mancher Bewegungen unzweifelhaft hervor, daß sie nicht durch Oberflächenspannungen hervorgerufen und unterhalten werden können; schon das gleichmäßige Fließen der Körnchen nach entgegengesetzten Richtungen in unmittelbar benachbarter Strombahnen, wie es sich an den Brennhaaren von Urtica und an den Staubfädenhaaren von Tradescantia sowohl an einzelnen Strombändern als im Innern wie an der inneren und äußeren Fläche des Wandbelags so leicht konstatieren läßt, ebenso das Durcheinanderfließen der Körnchen nach allen möglichen Richtungen sind mit einer solchen Annahme schlechterdings unvereinbar.

Bemerkungen zur Zellenlehre.

Von

Prof. **C. Frommann.**

In meinen Untersuchungen über „Struktur, Lebenserscheinungen und Reaktionen tierischer und pflanzlicher Zellen“ habe ich die Behauptung Heitzmann's zurückgewiesen, daß er der erste gewesen sei, welcher die Netzstruktur des Protoplasmas und die Beziehungen der Netze zu den Intercellularsubstanzen nachgewiesen habe. Heitzmann hat mir brieflich versichert, daß er meine Untersuchungen [1]) überhaupt nicht gekannt und demnach auch nicht absichtlich ignoriert habe, und sagt in einem vor der medicolegal society von New York vom 20. Mai 1885 gelesenen Artikel:

„C. Frommann of Jena, Germany, in 1867, was the first to draw attention to the fact that the ganglionic corpuscules (ganglion cells) of the spinal cord, with high powers of the microscope, exhibit a reticular structure. He described the nucleus as traversed by a reticular network, whose points of intersection are the granules, hitherto known as nucleoli; furthermore, a delicate reticulum pervading the mass around the mucleus, and in direct union with the latter, the points of intersection being the so called granules of the protoplasm. The same structure was found by Frommann in a number of other protoplasmatic formations (cells), belonging to the connective tissue and the epithelia. He gave no interpretation of the significance of this reticulum and came to the conclusion, that possibly the same structure may by of universal occurrence in bodies known to be protoplasm, i. c. the substance endowed with properties of life. The only illustrations this observer gave with high powers were, however, connective corpuscules from the white substance of the nerve-centres, known by the name of „glia cells“, in with he depicted one or several threads emanating from the nucleus and simply traversing the surrounding protoplasm, wich latter he dotted with

1) Untersuchungen über die normale und pathologische Anatomie des Rückenmarks, II. Th. Jena 1867.

granules as was usual before him. No wonder therefore, that Frommann's assertion attracted but little attention since his drawings were not consistent with his descriptions, and what he drew in the „glia cells" proved to be mere delusion.

In 1873 I published a series of observations on the structure of protoplasm in general and came to the following conclusions: 1) That the reticular structure is of universal occurrence in protoplasmatic bodies hitherto known by the name of „cells", and 2), that the reticulum is the living, moving, contractile and growing matter proper, holding in its meshes a non living and non contractile fluid. These assertions I was able to corroborate by continuous research, extending over a period of ten years, and in 1883, in my „Microskopical morphology" I reprinted them. Shortly afterward I was bitterly attacked by Frommann, for not giving him due credit for the discovery, that reticular structure was a universal property of protoplasm, and simply stating his discovery of the reticulum in the „ganglion cells". An amicable correspondence ensued between Frommann and myself, and he now admits in his latest publication, 1885, that the assertion of the general occurrence of reticular structure in protoplasm was a mere suggestion of his.

Auf diese Bemerkungen Heitzmann's habe ich zunächst zu erwidern, daß ich die betreffenden Befunde sämmtlich, nicht wie er angiebt, unter Anwendung einer starken, sondern einer 450fachen Vergrößerung, Zeiss' System F mit Okular 2 (frühere Konstruktion) gemacht habe, da die Bilder bei Benutzung des Okulars 3 zu lichtschwach und die Einzelheiten der Struktur nicht genügend scharf waren. Die Anwendung eines Immersionssystems (Hartnack Nr. 10) stand mir überhaupt nur einmal und nur auf wenige Stunden zu Gebote. Heitzmann kann meine ersten Angaben, von denen er mittlerweile Kenntnis genommen hat, nur ganz flüchtig gelesen haben, sonst hätte ihm unmöglich die folgende Äußerung [1]) entgehen können, durch die sich seine Behauptung ohne weiteres als vollkommen falsch erweist: „Bei der Feinheit der meisten Fasern des Kerns und des Protoplasmas bedurfte es zu ihrer Wahrnehmung der schärfsten und ruhigsten Beobachtung, aber auch ungeachtet derselben habe ich sie an zahlreichen Zellen vermißt, fand sie dagegen häufiger bei Anwendung des Immersionssystems Nr. 10 von Hartnack, dessen Benutzung mir jedoch nur auf kurze Zeit, zur Kontrolierung der mit meinem Instrument gemachten Beobachtungen zu Gebote stand." Mit demselben Objektiv F und Okular 2 pflege ich den Teilnehmern an mikroskopischen Kursen unter anderen auch die damals wahrgenommenen

1) l. c. S. 40.

Einzelheiten der feineren Zellstruktur zu demonstrieren, mit dem Bemerken, daß, wer mit einem mittelstarken System nicht genau beobachtet, es auch nicht thut, wenn er 1/18 homogene Immersion benutzt unter Verwertung „aller Hilfsmittel der modernen Technik."

Bezüglich der Struktur des Protoplasmas habe ich nicht nur Verbindungen der Körnchen des Kerns und der des Protoplasmas durch Fäden beschrieben, sondern auch Fäden, die aus dem Kern austretend Körnchen des letzteren mit solchen des Protoplasmas verbinden, während ich die Knotenpunkte der Fäden des Kernstromas als Körnchen bezeichnet habe, die aber weder von mir noch von sonst jemand bis dahin als Kernkörperchen bezeichnet worden sind, wie Heitzmann behauptet.

Die beigegebenen Abbildungen beziehen sich nur auf Gliazellen und geben von diesen auch nur einzelne Bruchstücke der überhaupt gemachten Befunde; die abgebildeten, vom Kern oder Kernkörperchen ausgehenden und in die Zelle übertretenden oder aus ihr austretenden Fäden sind schon in manchen Zellen des normalen Gewebes wahrnehmbar, häufiger und leichter dagegen infolge ihrer zum Teil größeren Derbheit bei der grauen Degeneration, worauf ich ausdrücklich aufmerksam gemacht habe [1]). Wenn Heitzmann nichts davon wahrgenommen hat, so folgt daraus selbstverständlich nicht, daß ich mich getäuscht habe, und ich will bei dieser Gelegenheit darauf verweisen, daß meine von verschiedenen Seiten angezweifelten Befunde über vom Kern, resp. Kernkörperchen ausgehende Fortsätze der Ganglienzellen immer wieder Bestätigungen gefunden haben, wenn auch meist als seltenere Vorkommnisse, in neuester Zeit von Arnstein (Nikita, Lawdowsky)[2]) und von Thanhoffer [3])

Die eigentümliche, immer wiederkehrende Verknüpfung von sehr feinen und kurzen Fäden durch Körnchen erweckte mir von

1) l. c. S. 87, 95, 107, 123.

2) Archiv f. mikr. Anat., Bd. 29, Heft 4.

3) Centralblatt für Physiologie, 1887, Nr. 2. Daß es sich hierbei nicht um die Bildungen handelt, die ausschließlich an den Objekten vorkommen, an denen sie überhaupt zuerst wahrgenommen wurden, geht aus den Befunden Balbiani's (Zool. Anzeiger, 1883) an den Eiern von Geophilus longicornis hervor. Hier gehen die Follikelepithelien wahrscheinlich aus der Segmentierung eines zusammengeknäuelten Stranges hervor, der einen Anhang des Keimbläschens darstellt und bei seiner Bildung, als konischer Fortsatz des Keimbläschens, einen fadenförmigen Fortsatz eines Keimflecks einschließt.

Anfang an die Vermutung, daß es sich dabei um ein gesetzmäßiges, typisches und um ein allgemein verbreitetes Strukturverhältnis handle. Da bis dahin das Protoplasma der Zellen überhaupt und auch das der Zellen, in welchen ich die bezüglichen Befunde zuerst gemacht hatte, als ein meist körniges beschrieben worden war, so schien es sehr wahrscheinlich, daß die Körnchen auch in anderen Zellen nur Netzknotenpunkte darstellen möchten, was dann die weiteren Untersuchungen für eine Anzahl Gewebe bestätigten. Ich habe aber nie angenommen, daß schon die von mir gelieferten Belege genügten, um die Richtigkeit dieser Vermutung in ihrer allgemeinen Fassung zu erweisen, wie mir Heitzmann unterstellt. Ebenso wenig genügten aber dazu die Befunde des letzteren, es bedarf vielmehr dazu einer ausgedehnten Untersuchung der Gewebe und Organe der Wirbeltiere und der Wirbellosen bei entsprechender Vergrößerung, eine Aufgabe, die überhaupt das Zusammenwirken einer Anzahl Forscher voraussetzt.

Daß die Netze aus lebender Substanz bestehen, ging schon aus dem Umstand hervor, daß aus ihnen bei der grauen Degeneration des Rückenmarks in den geschwellten Fasern der Bindesubstanz Fibrillen hervorgehen und daß neugebildete feine, aus Netzknotenpunkten (Körnchen) entsprungene Fäden in die nach Schwund oder Verdrängung des Nervenmarks zurückgebliebenen Räume einwachsen; es konnte also nicht der geringste Zweifel über meine Auffassung der Netze als lebender Substanz bestehen, wenn man nicht, wie es Heitzmann thut, die bezüglichen, von mir zuerst genau verfolgten und beschriebenen Vorgänge bei dem genannten Krankheitsprozeß[1]) vollständig ignoriert. Ich habe

1) In seinem Lehrbuch der pathologischen Anatomie, 2. Aufl. 1883, 2. T., S. 704 stellt Ziegler die Behauptung auf, daß ich den Vorgang bei der Tabes wie Cyon und Friedreich zu den Entzündungen rechne. Es ist aber in meiner Arbeit überhaupt nur von Degeneration der Glia mit sekundärem Schwund der Nervelemente die Rede, nirgends von einem entzündlichen Prozeß, und meine Auffassung des Krankeitsprozesses geht sehr unzweideutig aus der Schlußbemerkung S. 125 hervor: „Die von Virchow nachgewiesenen Verschiedenheiten zwischen den weichen und harten Gliomen bieten, wie ich glaube, eine nicht zu verkennende Analogie mit den Veränderungen bei der grauen Degeneration: es scheinen die Fasernetze der Myxogliome, deren Anordnung, wie Virchow ausdrücklich hervorhebt, große Ähnlichkeit mit der der Neuroglia spinalis besitzt den Stellen mit fasrigen Auswachsungen zu entsprechen, die einfach harten Gliome dagegen mit den in die Grundsubstanz eingelagerten Fibrillen,

außerdem eingehend erörtert, daß es sich nicht um Kunstprodukte, um Gerinnungen flüssiger Körper handeln kann, weil die Netzstruktur in der gleichen Weise wie an gefärbten Präparaten auch an frisch und unter Zusatz von Jodserum oder von der Eiweißlösung M. Schultze's untersuchten vortrat, und weil die gleichen Strukturen an im Mundspeichel untersuchten, durch Abkratzen erhaltenen, also nicht bloß den oberflächlichen sondern auch den tieferen Schichten angehörenden, nicht abgestorbenen Epithelien der Mundhöhle sichtbar waren.

An einer Reihe pflanzlicher Objekte hatte ich feststellen können, daß auch hier Protoplasma, Kern und Chlorophyllkörper sehr häufig einen netzförmigen Bau erkennen lassen und daß in den Chlorophyllkörpern die grüne Färbung an den Stromateilen haftet. In einem 1885 in der New-Yorker Apothekerzeitung vom 1. und 16. Januar veröffentlichten Artikel „zur Morphologie der lebenden Materie" bemerkt Heitzmann, daß für die Pflanzen durch L. Elsberg (1883) die frühere Zellenlehre als eine veraltete nachgewiesen worden sei. Durch meine Beobachtungen waren aber bereits 1879 und 1880 nicht bloß die Strukturverhältnisse des Protoplasmas, des Kerns und der Chlorophyllkörper aufgedeckt, sondern auch der Nachweis geführt worden, daß die Protoplasmakörper unter sich wie mit intercellularem Protoplasma durch Membranlücken zusammenhängen, daß das Wachstum der Membranen auf Kosten wandständigen Protoplasmas und die Bildung von Stärke teils in Netzteilen, teils in Netzmaschen erfolgt. Es war somit nicht zuerst von Elsberg, sondern von mir und zwar in viel weiterem Umfang als durch den letzteren gezeigt worden, daß auch in betreff der Pflanzenzellen die bis dahin herrschenden Anschauungen mit den Thatsachen nicht übereinstimmen. Heitzmann waren zur Zeit der Abfassung seines Artikels meine bezüglichen Arbeiten sehr wohl bekannt, er hat dieselben aber auch in diesem Fall, wie ich annehmen muß, absichtlich ignoriert.

Den Nachweis des verbreiteten Vorkommens der Netzstruktur schließt die Notwendigkeit nicht aus, die Besonderheiten im Bau der Zellen zu berücksichtigen, und habe ich bei den einschlägigen Untersuchungen auf das wechselnde Verhalten der Stromateile im Kern, seiner Membran und im Protoplasma in den Zellen gleicher und verschiedener Gewebe ausdrücklich hingewiesen.

---

den fibrillär degenerierten Partien."

Diese Verschiedenheiten finden auch Berücksichtigung in der Beschreibung und in den Abbildungen, welche Leidig [1]) von den Zellen in den Geweben und Organen von Wirbeltieren und Wirbellosen gegeben hat, ferner bei Carnoy [2]) und Klein [3]) und in den Angaben einer Anzahl anderer Forscher, die sich auf einzelne Zellformen beziehen [4]). In Heitzmann's Morphologie sind dagegen die Schilderung und die Abbildung der Zellstrukturen durchweg schematisch und es wird daran auch durch den Umstand nichts geändert, daß Stricker [5]) äußert, Heitzmann habe das Buch mit so vortrefflichen Abbildungen versehen, daß hierin allein ein Anreiz gelegen sein mochte, dasselbe für zwei so große Absatzgebiete verwertbar zu machen, um es gleichzeitig deutsch und englisch erscheinen zu lassen. Zur Erläuterung der neuen Anschauungen bedient sich Stricker eines Bildes, er bezeichnet die Amöbe als einen mikroskopisch kleinen Schwamm, den Elephant hingegen als einen relativ sehr großen Schwamm, „nur ist das schwammige Gewebe so zart, sind die Bälkchen so dünn, daß man sie vorläufig nur mit den besten Mikroskopen unserer Zeit (und mit den besten Augen selbstverständlich) sehen kann; und dann sind die feinsten Bälkchen und auch die Füllmasse der Maschenräume an verschiedenen Stellen des Körpers so modifiziert, verknöchert, verhaart, verfettet und wie alle die Modifikationen technisch heißen mögen, daß der einheitliche Bauplan für uns nicht mehr offen zu Tage liegt."

Die entgegengesetzte Auffassung hat Kölliker in seiner Eröffnungsrede der ersten Versammlung der anatomischen Gesellschaft zu Leipzig vertreten. Er sagt von der Hypothese, die den

1) Untersuchungen zur Anatomie und Histologie der Tiere, 1883; Zellen und Gewebe, 1885. Außer in diesen umfassenden Untersuchungen hat Leydig schon früher gelegentliche Befunde über Zellstrukturen veröffentlicht, so in seiner Schrift vom Bau des tier. Körpers, S. 14 und im Archiv f. mikrosk. Anatomie, 1872 u. 1876.

2) La Biologie cellulaire, 1884.

3) Quarterly Journal of microsc. sc., 1879.

4) Kölliker vindiziert Flemming das Verdienst, die Übertreibungen von Heitzmann und seinen Schülern auf ihr wahres Maß zurückgeführt zu haben, es wäre dies aber für Flemming nur möglich gewesen, wenn er nicht bloß den netzförmigen Bau des Protoplasma erkannt hätte, sondern auch die Modifikationen, welche derselbe in Zellen verschiedener und der gleichen Art darbietet, während Flemming bekanntlich von dem Bestehen netzartiger Verbindungen zwischen den Protoplasmafäden sich bisher nicht überzeugen konnte.

5) Wiener neue freie Presse vom 1. Nov. 1883.

ganzen Körper als ein Syncytium auffaßt, in welchem alle Elementarteile untereinander zusammenhäugen, daß das in ihr enthaltene Gute nicht neu sei, das Neue dagegen vor einer genauen Prüfung nicht Stand halte.

In betreff der Pflanzen ist zum Teil durch meine Untersuchungen, zum Teil durch die anderer erwiesen, daß Verbindungen zwischen den Zellen bewirkt werden teils durch Protoplasmafäden und Stränge, welche durch offene Lücken in den Membranen hindurchtreten, teils aber durch Fäden, welche die Tüpfelmembran oder die Zellmembran durchbohren. Der Widerspruch wird hier wie bezüglich anderer Strukturverhältnisse von denen ausgehen, welche sich nicht mit der Thatsache zu befreunden vermögen, daß die Sache sich ganz anders verhält als sie auf Grund ungenügender Untersuchungen angenommen haben.

In betreff der tierischen Zellen bestätigen neuere Untersuchungen [1]) das sehr verbreitete Vorkommen von fädigen oder strangförmigen Verbindungen zwischen den Zellen des Epithelgewebes und zwischen Drüsenzellen. Nach Leydig schließt die Verbindung von Epithelzellen unter sich sich an die seit lange bekannten Verbindungen der Zellen anderer Gewebe durch Ausläufer an, und in gleichem Sinne führt auch Kölliker eine Anzahl von Beispielen solcher Zellverbindungen von Wirbeltieren und von Wirbellosen an.

Es handelt sich aber dabei, abgesehen von derberen Verbindungssträngen, gar nicht um Zellenanastomosen in der früheren Bedeutung, sondern um einzelne aus dem Protoplasma entsprungene Fäden, welche die Intercellularräume durchsetzen und innerhalb derselben nicht von der Interfilarsubstanz des Zellkörpers, sondern von einer anders beschaffenen, die Lücken zwischen ihnen ausfüllenden Substanz umgeben werden, wie es am auffallendsten in der Zona pellucida vortritt.

Bezüglich der Bindesubstanzen haben mich die Beobachtungen über von den Zellen oder von diesen und von Capillaren frei abtretende Fäden vermuten lassen, daß durch die letzteren in anderer Weise als durch Fortsätze des Zellkörpers ein Zusammenhang zwischen den Zellen der gleichen und solchen verschiedener Art vermittelt wird.

---

1) Preiss, Virchow's Archiv, Bd. 84; Pfitzner, Morphol. Jahrbuch, Bd. IX; Flemming, Zellsubstanz, Kern und Zellteilung; Leydig, l. c. u. A.

Im Rückenmark hatte ich feine Fäden sowohl von den Nerven- und Gliazellen als von der Kapillarmembran abtreten sehen; die letztere erschien mitunter homogen, andere Male trat in derselben ein „äußerst engmaschiges Netzwerk von gazeartigem Aussehen hervor, wobei es indessen bei der großen Feinheit und dichten Stellung der Fasern unmöglich war zu unterscheiden, ob sie, wie mir wahrscheinlich, die Maschen durch Verbindungen untereinander erzeugten, oder ob die Maschen einem Gitterwerk von sich kreuzenden Fasern angehörten“ [1]). Bei genauer Verfolgung der Konturen der Wand zeigte sich dann, daß von derselben, resp. von in ihr eingelagerten Körnchen (Netzknotenpunkten) vereinzelt oder zu zwei oder mehreren dicht nebeneinandergestellt feine borstenartige Fäden abtreten, deren freien Enden mitunter wieder Körnchen anhaften; an mit einer Adventitia versehenen Capillaren verschwinden die ausgetretenen Fäden innerhalb der letzteren oder durchsetzen sie und ragen jenseits noch etwas vor, während ganz ähnliche feine Fäden auch aus Körnchen der Adventitia wie aus den Kernen entspringen und frei nach außen abtreten. Bereits damals, vor jetzt 20 Jahren, habe ich bezüglich dieser frei von der Capillarmembran abtretenden Fäden ganz ausdrücklich hervorgehoben, „daß sie nicht als Fortsätze derselben in toto zu betrachten sind, die etwa feinsten Zellausläufern entsprächen, sondern als Bildungen, die nur mit Teilen der eine zusammengesetzte Struktur darbietenden Capillarmembran in Zusammenhang stehen.“ Ebenso habe ich bezüglich der von Glia- und Ganglienzellen und ihren Ausläufern, wie von Zellen des Nabelstrangs, des Hyalinknorpels und Knochens abtretenden feinen Fäden ihr Entspringen aus Körnchen des Protoplasma betont, bezüglich der Knochenzellen noch ganz ausdrücklich hervorgehoben, daß sie nicht wie Zellausläufer breit abtreten, sondern aussehen, als seien sie aus dem Protoplasma „wie hervorgestochen“ und gestützt auf den Nachweis ihres Übertritts in die Grundsubstanzen die Vermutung ausgesprochen, daß sie in der letzteren zu einem feinen Fasersystem von bestimmter Anordnung sich verbinden. Von Heitzmann wurde dann gezeigt, daß ein solches überall mit den Zellen zusammenhängendes, die Fibrillen der Grundsubstanz durchsetzendes Fasersystem sich durch die Goldbehandlung violett färben und dadurch von den ungefärbt bleibenden leimgebenden Fibrillen unterscheiden läßt, ebenso, daß es unter dem Einfluß entzündlicher Reize an

1) l. c. S. 25.

Masse zunimmt und im stande ist neue Kerne und Zellen zu erzeugen, während die leimgebende Grundsubstanz oder diese und die Kalksalze schwinden.

Aus dem Nachweis des kontinuierlichen direkten oder indirekten Zusammenhangs der Zellen durch einzelne Brückenfäden oder durch Fadenstrukturen der Grundsubstanzen folgt aber keineswegs, daß dieselben überall eine gleichartige und nur die sie einschließenden Substanzen eine verschiedene Beschaffenheit haben; es ist vielmehr sehr wahrscheinlich, daß in dieser Beziehung, ebenso wie bezüglich der Netze des Zellkörpers, mannigfache, für unsere Hilfsmittel zur Zeit nur nicht nachweisbare Verschiedenheiten bestehen.

Nach v. Kölliker können aber die Resultate der neueren Untersuchungen über den feineren Bau von Zelle und Kern überhaupt nicht die Bedeutung beanspruchen, die man von gewissen Seiten ihnen zuzuschreiben geneigt ist. Er betrachtet die netzförmige Anordnung gewisser Teile des Zellinhalts, wo sie vorkommt, als eine sehr nebensächliche Erscheinung, und legt das Hauptgewicht auf die längst gemachte Annahme, daß dieser Inhalt wesentlich aus zwei Bestandteilen besteht, einem eiweißreichen, mit einer besonderen molekulären Struktur begabten, festweichen Teile, dem Cytoplasma, und einer mehr flüssigen Zwischensubstanz.

Der Umstand, daß in der Zelle geformte und mehr flüssige Teile nicht regellos verteilt, sondern die ersteren zu bestimmten typischen Strukturen, vorwiegend in Form von Netzen und Gerüsten, angeordnet und verbunden sind, wie sie sich nicht bloß im Zellkörper und Kern, sondern häufig auch in größeren Kernkörperchen finden, und daß diese Anordnung sich als eine sehr allgemein verbreitete, von den einzelligen Organismen bis zu den Geweben und Organen der höheren Wirbeltiere verfolgen läßt, ist meines Erachtens allein schon genügend die Wichtigkeit des Nachweises dieser Strukturen außer Zweifel zu stellen. Will man dem nicht zustimmen, so stellt man damit überhaupt in Abrede, daß der Nachweis von verbreiteten, besonderen, durch bestimmte Charaktere gekennzeichneten Strukturverhältnissen eine Wichtigkeit in morphologischer und physiologischer Beziehung besitzt und in noch höherem Grade dadurch erhält, daß die zur Zeit in dieser Beziehung ermittelten Thatsachen den Ausgangspunkt für die weitere Forschung bilden. Aber auch manche Besonderheiten im Vorkommen und in der Verbreitung der Netzstruktur können keineswegs als bedeutungslos angesehen werden, so die Strukturen

in vielen Cylinderzellen (Klein u. a.), in den quergestreiften Muskelfasern (Retzius, Rollett, v. Gehuchten), die eben erwähnten Verbindungen genetzter Zellen durch einzelne Netzfäden oder durch kontinuierliche Fadengerüste der Grund- oder Zwischensubstanzen, während in physiologischer Beziehung der Nachweis von Interesse ist, daß die Muskelkontraktionen durch Verkürzungen und Verdickungen von Fäden der Muskelnetze bewirkt werden (v. Gehuchten) und daß die Nervenprimitivfibrillen in der Leber von Menobranchus und vom Menschen und in der Speicheldrüse von Blatta in Zellnetzen enden, sich kontinuierlich in dieselben fortsetzen (Macallum, Kupffer).

Bezüglich der Entstehung von Zellen und Kernen bestehen nach Kölliker zur Zeit die Sätze: „omnis cellula e cellula“ und „omnis nucleus e nucleo“ immer noch zu Recht, wenn er auch eine bestimmte Stellung in diesen Fragen nicht einnehmen und alles von weiteren Erfahrungen abhängen lassen will.

Bekanntlich hatte M. Schultze gezeigt, daß Membranen durchaus nicht allen Zellen zukommen und daß sie, wo sie sich finden, aus einer Verdichtung der peripheren Protoplasmaschichten hervorgegangen sind; immerhin wurde dadurch die Selbständigkeit der einzelnen Zellen nicht wesentlich alteriert, während nach der jetzigen Sachlage von Zellen im früheren Sinne des Wortes überhaupt nicht mehr oder nur in sehr beschränkter Ausdehnung die Rede sein kann, da Verbindungsfäden auch zwischen Embryonalzellen nachgewiesen worden sind (Sedgwick). Da ferner die in den Grundsubstanzen des Bindegewebes enthaltenen Netze aus lebender Substanz bestehen und aus ihnen gerade so wie aus bereits vorhandenen Zellen sich neue Kerne und Zellen entwickeln können, so ist damit auch der Satz: omnis cellula e cellula und omnis nucleus e nucleo in seiner unsprünglichen Bedeutung hinfällig geworden.

Bezüglich der Neubildung von Kernen verweise ich auf bereits früher von mir gemachte Beobachtungen, denen ich einige weitere Ausführungen hinzuzufügen habe.

1) In den Krebsblutkörpern[1]) entsteht ein Kern mit glänzenden Stromateilen nicht immer bloß aus der zentralen, blassen, von einem Haufen Körner umschlossenen, homogenen oder fein granulierten Substanz, die ich als Kernanlage bezeichnet habe, sondern seine Membran oder diese mit peripheren Stromateilen auch aus

1) Untersuchungen über Struktur, Lebenserscheinungen etc. S. 39 u. flgd.

den Körnern oder Körnchen in der unmittelbaren Umgebung der Kernanlage. Die letzteren verflüssigen sich entweder zunächst, vergrößern die Kernanlage und liefern das Bildungsmaterial für Membran und periphere Stromateile oder sie erweichen bloß und verschmelzen dann direkt miteinander zur Bildung der Kernhülle oder zur Bildung dieser und der von peripheren Stromateilen. Die Kernmembran und die letzteren zeigen dann anfangs noch eine gelbliche, von den Körnern und Körnchen stammende Färbung. Die letzteren enthalten demnach einen dem Nuclein mindestens sehr nahe stehenden Körper und sind befähigt, unter Erweichung oder Verflüssigung ihrer Substanz die Kernmembran oder diese und Stromateile zu bilden. Daß die Substanz der Körner und Körnchen der der Kernanlage sehr nahe verwandt ist, geht auch aus der folgenden Beobachtung hervor. Nach Zusatz von 5 proz. Chlornatriumlösung zum Blut vermischt sich die Substanz der die Kernanlage umschließenden Körner- oder Körnchenhaufen nach Verflüssigung der letzteren nicht mehr mit dem homogenen Plasma des Zellkörpers (dem Hyaloplasma) sondern verschmilzt ganz mit der Kernanlage zur Bildung eines umfangreichen homogenen Körpers, der sich im Verlaufe von mehreren Stunden nicht verändert. Setzt man dagegen dem Präparat nach Abziehen der Salzlösung Wasser zu, so entsteht aus dem homogenen Körper ein großer Kern mit Membran und einem häufig vorwiegend aus radiären Bälkchen bestehenden Stroma; eine membranöse Abgrenzung seines inneren, aus der Kernanlage hervorgegangenen Abschnitts fehlt aber, es setzen sich die Stromabälkchen, welche dem peripheren, aus dem Körnerplasma hervorgegangenen Abschnitt angehören, kontinuierlich fort in die, welche aus der Substanz der Kernanlage hervorgegangen sind. Das gleiche findet statt, wenn man statt Wasser Essigsäure zusetzt, mitunter erscheint aber dann innerhalb des großen kernartigen Körpers ein kleiner, aus der Kernanlage hervorgegangener und von einer besonderen Membran umschlossener, der durch die letztere nach außen von dem ihn überall umschließenden Stroma abgegrenzt wird, das sich aus der verflüssigten Substanz der Körner oder Körnchen unter Einwirkung der Säure entwickelt hat.

Es können demnach in den Krebsblutkörpern die Körner und Körnchen in der Umgebung der Kernanlage teils durch ihre Verflüssigung eine Vergrößerung derselben bewirken, teils aber direkt miteinander zur Bildung einer glänzenden Membran allein oder auch zur Bildung peripherer Stromateile verschmelzen, die

den aus Differenzierung der Kernanlage entstandenen vollständig gleichen; die aus den Kernanlagen entstehenden Kerne mit glänzender Hülle und glänzendem Stroma sind dann teils aus der präformierten Substanz der Kernanlage hervorgegangen, zum Teil aber aus dem Material der die letzteren umschließenden Körner und Körnchen und soweit neugebildet. Daß es sich aber bei der Bildung von Kernen mit glänzender, scharf gezeichneter Hülle und Stromateilen nicht um Gerinnungs- und Absterbungserscheinungen handelt, geht daraus hervor, daß Zellen mit solchen Kernen jederzeit in großer Menge im Blute enthalten sind, ohne Veränderungen ihrer Beschaffenheit erkennen zu lassen. Im Blute abgestorbener Krebse trübt sich dagegen die sonst vollkommen homogene, die Kerne umschließende Protoplasmaschicht durch das Auftreten dunkler Körnchen und kurzer Fäden und auch die Kerne selbst erlangen ein dunkleres Aussehen, indem zwischen ihren Stromateilen teils feine, teils derbere Körnchen in wechselnd dichter Stellung auftreten.

2) Daß die Stroma- und Hüllenteile lebender Kerne einem Wechsel ihrer Beschaffenheit unterliegen und während der Beobachtung zurück- und neugebildet werden können, ist von einer Anzahl Beobachter an den Kernen verschiedener Gewebe wahrgenommen worden und ähnlich verhalten sich nach E. Montgomery[1]) auch die Kerne von Infusorien, wie sich an günstigen Beobachtungsobjekten feststellen läßt. Bei Epistylis befindet sich der Kern in steter Umbildung, entsteht immer neu aus der umgebenden granulierten Substanz und geht wieder in dieselbe auf unter beständig wechselnden Änderungen seiner Form.

Von Stricker, Klein und mir[2]) wurde aber außerdem an den Leukocyten vom Frosch, von Hurlbutt an den Blutkörpern der Auster[3]) konstatiert, daß mitunter die Kerne ganz schwinden und aus ihren Teilen sich solche des Protoplasmas bilden, während in kernlosen wie in kernhaltigen Zellen Kerne auch neu entstehen und in den letzteren ganz unabhängig von den bereits vorhandenen. Das zur Untersuchung verwandte Blutserum darf Blutkörper nur in so geringer Menge enthalten, daß

1) Über das Protoplasma einiger Elementarorganismen. Jenaische Zeitschrift für Naturwissensch, Bd. 18.

2) Sitzungsberichte der Wiener Akademie d Wissensch. Bd. 76, Abt. III; Sitzungsberichte d. Jen. Gesellsch. f. Medizin u. Naturwissensch. v. 10. Nov. 1882 u. 12. Jan. 1883.

3) In Heitzmann's Morphology, S. 39.

die einzelnen farblosen Zellen vollkommen frei vorliegen und die Beobachtung nicht durch vorbeitreibende Massen roter gestört wird; unter den farblosen Zellen sind zur Verfolgung der bezüglichen Vorgänge überhaupt nur die fein und blaß granulierten und unter ihnen nur solche geeignet, deren Formveränderungen sich langsam und vorwiegend in der Ebene des Gesichtsfeldes vollziehen, so daß man den platt ausgebreiteten Zellkörper nicht bloß ganz übersieht, sondern auch bei geringem Wechsel in der Einstellung alle ihn konstituierenden Teile deutlich unterscheiden kann. Manche Zellen fixieren sich nach einiger Zeit am Deckgläschen und bieten dann der Beobachtung günstige Bedingungen, so lange der Zellkörper sich nicht senkrecht zur Ebene des Gesichtsfeldes stellt, indessen darf man nicht erwarten, in jeder zur Beobachtung überhaupt geeigneten Zelle einen Kern oder ein Paar derselben neu entstehen zu sehen; in manchen Zellen behält der Kern für eine halbe bis ganze Stunde seine Lage in dem gleichen Abschnitt der Zelle ohne daß ein zweiter auftritt, oder es erscheint zwar ziemlich plötzlich ein solcher kleinerer, ohne daß sich indessen die Möglichkeit ausschließen läßt, daß er sich von dem ersten abgeschnürt hat und dann in die Ebene des Gesichtsfeldes vorgerückt ist. Unzweideutig sind dagegen die Fälle, wo ein Kern oder ein Paar derselben verblassen, ihre Formelemente schwinden und zu Teilen des Protoplasmas werden, sich aber unausgesetzt und an derselben Stelle von neuem bilden. Man kann dann die einzelnen Teile der Hülle und des Stromas teils gleichzeitig, teils nacheinander verblassen und schwinden sehen, bis nur nach ein oder ein paar Rudimente zurückgeblieben sind, die dann auch noch schwinden, so daß für kurze Zeit die Zelle kernlos bleibt, gleich darauf tauchen aber wieder von neuem einzelne Stroma- und Hüllenteile eines sich von neuem bildenden Kernes auf und es entstehen unter Zunahme ihrer Zahl an der alten Stelle und aus protoplasmatischen Teilchen wieder Kerne, die wie die früheren nicht bloß durch ihre derberen und etwas stärker brechenden Stroma- und Hüllenteile sich von dem umgebenden Protoplasma unterscheiden, sondern auch dadurch, daß die Stromateile meist weniger dicht stehen als die Protoplasmakörnchen und das ganze Innere des Kerns infolge davon lichter erscheint. Beim Auftauchen von Abschnitten eines vorher unsichtbaren Kerns treten Stroma- und Hüllenteile desselben gleichzeitig vor, hier dagegen entstehen glänzende Körnchen aus homogenem Protoplasma oder aus blassen Körnchen und bilden durch ihre teilweise

Verschmelzung eine Hülle. Es finden sich ferner Zellen, deren Körper in seiner ganzen Ausdehnung oder im größten Teil derselben nicht von gleichmäßig dicht gestellten blassen und feinen Körnchen eingenommen, sondern von einem fädigen Gerüst durchzogen oder von kleinen Vakuolen durchsetzt wird, die eine zarte oder eine etwas verdichtete Wandung besitzen und deren Mitte häufig von einem Körnchen oder von einem meist zackigen Korn eingenommen wird. In manchen derartigen Zellen fehlt ein Kern und zur Bildung eines solchen kommt es erst nach einiger Zeit, nachdem vorher nur das Gerüst seine Beschaffenheit geändert hat, Vakuolen geschwunden und neu entstanden sind. Über die Vorgänge bei Bildung eines Kerns läßt sich nur so viel ermitteln, daß bald bereits vorhandene Körnchen des Protoplasma derber und etwas glänzend werden, zum Teil untereinander zu kurzen Strängen oder Teilen der Hülle verschmelzen, bald Körnchen und Fäden des Stromas aus homogener Substanz sich entwickeln.

Häufig trifft man in den Körpern von Leukocyten Gebilde, die wohl ihrer Form nach Kerne zu sein scheinen, die aber nach ihrem Inhalt und nach ihrem Brechungsvermögen sich so wenig scharf von dem umgebenden Protoplasma unterscheiden, daß man in Zweifel bleibt, ob es sich um Kerne handelt oder nicht. Nach Zusatz von Essigsäure zu dem Präparat treten sie dagegen als Kerne deutlich hervor, indem ihre Hülle und Stroma derber und etwas glänzend werden und ihre Grundsubstanz sich gleichzeitig aufhellt. Die Säure bewirkt aber auch in Teilen des protoplasmatischen Zellinhalts Veränderungen, die denen beim Deutlichwerden eines Kerns zum Teil analog sind, die derberen Körnchen und Fäden treten deutlicher vor und die Körnchen verschmelzen mitunter zu sichel-, haken-, halbkreis- oder hufeisenförmig gekrümmten stärker glänzenden Fäden. Es kann unter diesen Umständen, wie sich durch die direkte Beobachtung feststellen ließ, in Zellen, die keinen Kern enthalten, ein einem solchen vollkommen gleichendes Gebilde entstehen, wenn die Körnchen im Innern eines Körnchenhaufens zum Teil miteinander zu derberen, die der Peripherie zum größeren Teil zur Bildung einer Membran verschmelzen. Es ist in diesem Fall nicht ein bereits vorhandener Kern nur deutlich gemacht, sondern er ist durch die Säure überhaupt erst gemacht worden, mithin ein Kunstprodukt. Ich habe früher an mit Essigsäure behandelten Präparaten Kerne in allen blaß granulierten Leukocyten gefunden, indessen trifft man, wie in frischen Präparaten so auch nach Behandlung mit Essigsäure

einzelne Zellen, welche keinen Kern, sondern statt eines solchen nur einzelne knotige und strangförmige Bildungen innerhalb der Protoplasmakörnchen enthalten. Für die nahe Verwandtschaft zwischen den letzteren und den geformten Teilen des Kerns spricht auch der Umstand, daß an frischen wie an Essigsäurepräparaten man Fäden und strangförmige Gebilde durch zum Teil sehr weite Lücken der Kernmembran in das Protoplasma übertreten und in demselben sich verlieren sieht. Zwischen Vakuolen mit zentralem Korn und verdichteter im Durchschnitt ringförmiger Wandung und kleinen Kernen fehlt überhaupt jeder durchgreifende Unterschied.

3) Die Epidermis des Hühnchens wird am 17—19. Tage der Bebrütung im Bereiche der Schilder des Laufs und der Zehen bedeckt von einer gefelderten, aus einer oder mehreren Lamellen bestehenden kontinuierlichen Plasmaschicht, dem um diese Zeit noch nicht oder nur teilweise verhornten Epitrichium. Die Felder werden von einem Netzgerüst oder von durch Fäden verbundenen Körnern und strang- oder stabförmigen Gebilden eingenommen, enthalten aber keine Kerne; dieselben entstehen erst innerhalb einer blassen, sehr fein- und dichtkörnig-fädigen Substanz, zu welcher sich die Körner und Netze differenzieren. Im Anschluß an die früher darüber von mir gemachten Befunde[1]) teile ich einige weitere mit.

Bei Flächenansichten des leicht abzulösenden Epitrichium machen seine meist 5- oder 6eckigen Felder den Eindruck von durch deutliche Membranen voneinander gesonderten zellenartigen Körpern nach Art eines Plattenepithels. Es handelt sich aber dabei keineswegs um eine Abgrenzung durch Membranen, sondern um eine solche durch derbe und glänzende Fasern, durch Grenzleisten, welche die Felder nur unvollständig trennen, indem die in der gleichen Ebene wie die übereinander liegenden Leisten kleinere und größere Lücken zwischen sich frei lassen, durch welche häufig Fäden und Stränge von einem Felde zum anderen ziehen. Stellenweise geht das zellenartige Aussehen ganz verloren wenn statt der Grenzleisten sich nur isolierte Stränge finden die nach verschiedenen Richtungen verlaufen und zwar mit den Teilen des umgebenden feineren Gerüsts aber nicht untereinander zusammenhängen.

Die genetzten Felder (Taf. V, Fig. 20a u. 21a im Durchschnitt, Fig. 22 von der Fläche) werden von einem glänzenden Gerüst durchzogen, das — abgesehen von hie und da auftretenden

1) Jenaische Zeitschrift für Naturwissenschaften. Bd. 17,

Verschiedenheiten in der Weite und Form der Maschen und in der Stärke der Bälkchen — in ihrer ganzen Ausdehnung die gleiche Beschaffenheit besitzt oder mit seinen Bälkchen und Stränge von einem mehr zentral gelegenen, derberen, knoten-, strang- oder sichelförmigen Gebilde ausstrahlt, das sich häufig wohl mit einem Kernkörperchen aber nicht mit einem Kern vergleichen läßt. In der Peripherie inserieren sich die Netzbälkchen überall in die Grenzleisten, einzelne aber überkreuzen dieselben oder ziehen von einem Feld zum andern. Häufig ist innerhalb der gefelderten Lamellen ein zweites zarteres Gitterwerk zu unterscheiden, das mit seinen Grenzleisten die derberen Grenzleisten der zunächst in die Augen fallenden Felder überschneidet.

Statt eines zusammenhängenden Gerüsts enthalten manche Felder nur eine größere Zahl zackiger, mit feinen Fortsätzen in eine homogene oder sehr blaß und fein körnig-fädige Substanz auslaufender Knötchen. Die letztere füllt auch die Maschen der Bälkchengerüste aus und besitzt mitunter eine überaus engmaschige Netzstruktur. Auch da, wo die Grundsubstanz des Gerüsts homogen erscheint, ist sie solid, da an Einrissen der Felder die Ränder immer durch einen fortlaufendem Kontur begrenzt werden.

Die Körnerfelder werden ganz oder zum bei weitem größten Teil eingenommen von runden oder ovalen, mitunter zu keulen- oder stäbchenförmigen Gebilden verlängerten oder zu derben knorrigen, wurst- oder rankenförmigen Strängen verschmolzenen Körnern. Dieselben hängen untereinander vielfach durch Fäden von wechselnder Feinheit zusammen, welche die zwischen ihnen befindlichen schmalen und hellen Spalten durchsetzen. Hie und da bleiben aber zwischen den Körnern größere rundliche oder ovale Lücken frei, die bald nur dem Raum entsprechen, welchen 1—2 Körner einnehmen, bald größer sind, Form und Größe eines Kerns aber nicht dessen übrige Charaktere besitzen. Den größeren wie den kleineren Lücken fehlt eine eigene Begrenzung ganz, sie enthalten blasse und feine Körnchen und Fäden die sich auch in die Spalten zwischen den die Lücken umgrenzenden Körnern hineinerstrecken und die gleichen Körnchen und Fäden finden sich in der ganzen Ausdehnung der Felder in den benachbarte Körner voneinander trennenden Spalträumen. Innerhalb der körnerhaltigen Lamellen fehlt ausnahmsweise eine Felderung streckenweise ganz.

An Durchschnitten erscheinen Netz- und Körnerlamellen als schmälere oder breitere Bänder, welche durch faserige mehr oder weniger zahlreiche Lücken aufweisende Konturen begrenzt werden

und dieselben Formelemente einschließen, welche schon bei der Flächenansicht vortreten. Innerhalb der Netzlamellen sind neben zackigen Knoten und Knötchen und feineren Fadenrestern derbere Bälkchen und Stränge sichtbar, welche zum Teil den Konturen parallel verlaufen, vorwiegend aber die Lamellen quer und schräg durchsetzen und zum Teil den Grenzleisten der einzelnen Felder angehören. Da die Grenzleisten nicht die optischen Durchschnitte von Membranen bezeichnen, fehlt auch an Durchschnitten eine durchgreifende Sonderung der Lamellen zu einzelnen zellenartigen Körpern. Der äußere Kontur der Netzlamellen wird häufig etwas unregelmäßig durch einzelne frei nach außen prominierende faserige körnige oder knotige Prominenzen während kleinere und größere Massen glänzender körniger Substanz hie und da von den Duplikaturen der Lamellen im Bereiche der Furchen zwischen den Schildern eingeschlossen werden. Von der inneren Begrenzung der genetzten Lamellen senken sich kurze Faserstümpfe in die oberste Schicht des Rete ein, die häufig streckenweise keine Kerne enthält, sich durch größere Helligkeit und ein etwas glänzendes Aussehen von den tieferen Schichten unterscheidet und dann meist nur ein sehr dicht feinkörnig-fädiges, resp. netzförmiges Gefüge, aber nicht die relativ derbe Fibrillierung der tieferen Abschnitte darbietet.

Tinktionen. Durch sehr schwach ammoniakalische Hämatoxylinlösung, durch Safranin und durch Goldchloridlösung werden die Grenzleisten, die Körner wie die Knoten und Stränge des Netzgerüsts mehr oder weniger tief, feine blasse Körnchen und Fäden nicht oder nur schwach gefärbt. Durch Alaun-Hämatoxylinlösung und Karmin werden Grenzleisten wie derbere Knoten bald nur schwach, bald ziemlich dunkel gefärbt, die Körner gar nicht, blaß oder dunkel, während die Grundsubstanz immer nur eine schwache Färbung annimmt. Durch Eosin werden in dem Netz- und Körnerplasma die Leisten, Körner und Stromateile lebhafter gefärbt als durch Karmin und Alaun-Hämatoxylin.

Auf Zusatz von Essigsäure ziehen sich, auch nach starker Verdünnung derselben, die Körner- und genetzten Felder frisch untersuchter Objekte stark zusammen, Körner und Gerüstteile verblassen und schwinden, während ihre Substanz wie die der ganzen Felder gleichmäßig fein-, blaß- und dichtkörnig wird. Ein Kern wird dabei ebensowenig sichtbar als nach Behandlung der gefelderten Lamellen mit Kernfärbemitteln.

Etwas abweichend waren die Verhältnisse an den befiederten Hautabschnitten. Meist war hier statt gefelderten Plas-

mas eine Schicht kleiner, in blaße, feingranulierte Substanz eingebetteter Körner vorhanden, in welcher Kerne bald ganz fehlten bald in wechselnder Zahl eingestreut waren, und nur stellenweise fanden sich gefelderte Abschnitte oder vereinzelt und unverbunden eingelagerte Leisten. An der Epidermis der Ober- und Unterschenkel wechselten Abschnitte körnerhaltigen, nicht gefelderten Plasmas mit gefelderten Abschnitten, die bald Körner bald Gerüste, dabei aber hier in einem Teil ihrer Felder oder in sämtlichen kleine runde, oder sehr schmale strang- oder stäbchenförmige Kerne mit deutlicher Hülle und Stroma einschlossen.

In den Plasmafeldern des Laufs und der Zehen fehlten derartige Kerne fast ausnahmslos, derbere Knoten und Stränge besitzen zwar mitunter eine etwas körnige Beschaffenheit und man könnte dann versucht sein, sie für den Kernen äquivalente Bildungen zu halten, indessen können auch weniger derbe Gerüstteile die gleiche Beschaffenheit darbieten, es ist die Tiefe der Färbung, welche die Gerüstteile annehmen können, nur von ihrer Dicke abhängig und sie wie die Körner werden durch Essigsäure gleichmäßig fein und dicht granuliert, ohne daß ein Kern sichtbar wird. Dagegen entsteht ein solcher in mehr oder weniger zahlreichen Feldern vor oder während der Verhornung der Lamellen und ist meist nach seiner Form, Größe und Beschaffenheit von den Körnern wie von den derberen Netzknoten und Strängen auffallend verschieden. Die Umwandlung des Inhalts der Felder in eine hornartige, stärker brechende Substanz beginnt in den tieferen Lamellen des Epitrichium und setzt sich von der freien Oberfläche der Schilder auf die Duplikaturen der Lamellen fort, welche die Furchen zwischen den Schildern ausfüllen. Die Befunde wechseln dementsprechend, je nachdem einer oder ein paar verhornten Lamellen (Fig. 21a′) noch eine Netz- oder Körnerlamelle aufliegt (Fig. 21a) oder die Netz- oder Körnerschicht in ihrer ganzen Dicke verhornt sind. Aber auch dann ist die Verhornung im Bereiche der Duplikaturen häufig eine unvollständige und an Durchschnitten wie nach Ablösen der verhornten Lamellen bei der Flächenansicht sieht man dieselben sich kontinuierlich fortsetzen in Körner- oder Netzlamellen und kann somit leicht die Veränderungen konstatieren, welche die letzteren vor oder bei Eintritt der Verhornung erfahren. Von denselben werden meist Grenzleisten, Körner und Netzgerüste gleichzeitig betroffen, andern Male zunächst die Körner und die Netzgerüste, während die Grenzleisten anfangs unbeteiligt bleiben. Im ersteren Fall zeigt sich, daß die

Grenzleisten unter Verlust ihres Glanzes und ihrer scharfen Konturen an Dicke zunehmen, so daß sie als schmale, matt glänzende Bänder vortreten, und gleichzeitig differenziert sich bei einzelnen hre Substanz zu feinen und blassen Körnchen und Fäden. Ebenso verblassen die Körner und Gerüstbälkchen und ihre Substanz sondert sich gleichfalls, bei den Körnern zum Teil unter Vakuolenbildung, zu feinen, blassen, dicht gestellten Körnchen und Fäden oder zu engmaschigen Netzen, die mehr oder weniger gleichmäßig das Innere des Feldes ganz oder teilweise einnehmen oder noch einzelne unveränderte Körner und derberer Netzknoten einschließen (Fig. 23 u. 24). Häufig ist der geformte Inhalt ganzer Gruppen von Feldern zu sehr engmaschigen und feinfädigen Netzen mit runden oder polyedrischen Maschen umgewandelt, die trotz der Enge der Maschen vollkommen deutlich vortreten. Die Körnerfelder und die Felder mit den primären Netzgerüsten grenzen bald unmittelbar an solche, welche bereits in ihrer ganzen Ausdehnung eine feinkörnig-fädige oder engmaschige Netzstruktur aufweisen, bald ist der Übergang ein allmählicher, indem an unveränderte Felder solche grenzen, deren Grenzleisten nur zum Teil verblaßt sind und deren Inneres nur stellenweise fein genetzt oder feinkörnig-fädig geworden ist; hie und da finden sich auch Stellen, wo das Innere der Felder bereits ganz oder zum größten Teil umgewandelt ist, während die Grenzleisten nahezu unverändert geblieben sind. Bei Verfolgung des Übergangs unveränderter Felder in verhornende hat man natürlich darauf zu achten, daß man nicht eine verhornende Lamelle, welche von einer dünnen Netz- oder Körnerlamelle nur teilweise bedeckt wird, als kontinuierlich mit der letzteren ansieht, was sich bei genauer Einstellung leicht vermeiden läßt. Mitunter scheinen die Gerüstteile oder Körner zunächst untereinander und mit der Grundsubstanz in größerer oder geringerer Ausdehnung zu verschmelzen, ehe sich die feine blasse Granulierung oder Netzstruktur entwickelt. Im Bereiche der Übergangszone ist dann in manchen Feldern oder in Gruppen derselben ihr Inhalt fast ganz homogen geworden oder es besteht derselbe aus kleineren und größeren Schollen homogener, schwach gelblicher Substanz. Daß es sich dabei um Veränderungen handelt, die der Verhornung vorausgehen, ergiebt sich aus dem Umstand, daß die Grenzleisten bereits verblaßt und breiter geworden waren.

Kerne treten in den Feldern erst mit der Umwandlung des geformten Inhalts der Körner- und Netzfelder auf, bei oder nach

Bildung des feinkörnig-fädigen Materials. Ihre Menge ist eine sehr wechselnde. Im Bereiche mancher Lamellen sind sie äußerst spärlich und nur ganz vereinzelt in den Feldern anzutreffen, andere Male häufiger, so daß sich deren in einem Gesichtsfelde mehrere finden; seltener ist ein Kern in nahezu jedem der Felder enthalten. Nach ihrer Beschaffenheit zeigen die Kerne ein wechselndes Verhalten: manche besitzen eine durchbrochene aber scharf vortretende Membran und spärliche Stromateile oder neben 1—2 Kernkörperchen einen fein und dicht granulierten Inhalt oder ein netzförmiges Stroma (Fig. 23), anderen fehlt eine besondere Membran, sie erscheinen als blasse, ziemlich gleichmäßig und dicht granulierte Gebilde oder sind fast ganz homogen und mattglänzend. Im letzteren Fall greifen sie mitunter mit zackigen Fortsätzen in das Protoplasma aus (Fig. 25 a u. b), dessen Körnchen in ihrer Umgebung öfter durch ein stärkeres Brechungsvermögen ausgezeichnet sind (Fig. 25 b).

Da vor Eintritt der Verhornung Kerne in den Feldern fehlen, kann es keinem Zweifel unterliegen, daß sie wie die feinkörnig-fädige oder fein genetzte Substanz aus dem Material der Körner und der Netzgerüste hervorgegangen und demnach neugebildet sind.

Farbstoffe werden von den verhornenden und verhornten Lamellen gar nicht oder nur in beschränkter Ausdehnung und in geringer Menge aufgenommen, auch die Kerne nur zum Teil gefärbt. Es scheint, daß mit Differenzierung der Körner und der Netzgerüste eine verhältnismäßig dichte, den starken Glanz und die Festigkeit der verhornten Teile bedingende und nicht oder nur in geringem Grade tingierbare Grundsubstanz gebildet wird. Nach vorgängiger Behandlung mit absolutem Alkohol werden auch durch Eosin-Benzol die Hornlamellen nur streckenweise und dabei gleichmäßig lebhaft rosa gefärbt, das feine Stroma ebenso wie die Grundsubstanz.

Das Rete M. stellt während des Verhornungsprozesses des Epitrichium's noch eine kontinuierliche Protoplasmamasse dar mit zahlreichen, in annährernd gleichen Zwischenräumen eingelagerten Kernen, die nur streckenweise seiner obersten Schicht (Fig. 20 und 21 b) fehlen, die dann auch durch ihr helleres, mitunter schwach glänzendes Aussehen sich von den tieferen Schichten unterscheidet. Die Protoplasmamasse ist nirgends zu distinkten Zellen gesondert und nur streckenweise und mit sehr unbestimmten Umrissen sind Cylinderzellen an der Grenze der Cutis zu unterscheiden, dagegen finden sich in großer Verbreitung fibrilläre

Strukturen, durch welche die Kerne samt dem sie unmittelbar umgebenden Protoplasma eine unvollständige Umgrenzung erfahren, so daß das ganze Protoplasmalager zu einer Anzahl kernhaltiger Territorien zerlegt wird.

Bei Flächenansichten treten einzelne kurze oder längere Fibrillen wie Bündel derselben hervor, welche sich gegenseitig teils durchsetzen, teils überschneiden und in einiger Entfernung von den Kernen dieselben in Form von mehr oder weniger konzentrischen Zügen umgürten (Fig. 26), während dazwischen Gruppen und Streifen von Fibrillendurchschnitten oder Körnchen, wie nur zu einem geringen Teil in die Gesichtsebene eintretende Fibrillen und Bündel derselben sichtbar sind. An Durchschnitten sind die Fibrillenbündel zum Teil gleichfalls auf längere Strecken sichtbar und umgrenzen dann in Form flacher Bögen längliche, den Kern einschließende Protoplasmamassen (Fig. 20 c). Daneben finden sich wieder Fibrillendurchschnitte und nur auf kurze Strecken sichtbare und nach verschiedenen Richtungen orientierte Fibrillen. Das Protoplasma zwischen den benachbarte Kernterritorien trennenden Fibrillen besitzt ganz dieselbe Beschaffenheit wie das die Kerne unmittelbar umschließende; Stachelzellen fanden sich nirgends im Bereiche des Laufs und der Zehen, dagegen im Rete des Schnabels.

In den Arbeiten von Kerbert [1]), E. Gardiner [2]) und Jeffries [3]) werden Zellen beschrieben und abgebildet, die den Feldern von Körner- und Netzlamellen entsprechen, dagegen haben diese Beobachter den Vorgang bei der Verhornung nicht näher berücksichtigt. Zabludowski [4]) hat den Verhornungsprozeß am Schnabel vom Huhn und von der Taube untersucht und gefunden, daß die Zellen des äußeren Keimblatts (beim Huhn am 9ten, bei der Taube am 7ten Tag) sich vermehren und kleinere und größere tropfenartige Gebilde einschließen, die nach ihm die hornige Masse etwa so enthalten wie die Fettzellen das Fett und beim Huhn am 17ten Tag das ganze Innere der Zelle einnehmen. Nach der verhornten

1) Über die Haut der Reptilien und anderer Wirbeltiere. Arch. f. mikr. Anat., Nr. 13.

2) Beiträge zur Kenntnis des Epitrichium des Vogelschnabels. Ebenda, Bd. 24.

3) The epidermal system of birds. Proceedings of the Boston soc. of nat. history.

4) Der Verhornungsprozeß während des Embryonallebens, Schenk's Mitteilungen aus dem embryolog. Institut zu Wien, 1880. (Referat in Virchow-Hirsch Jahresbericht, über d. Fortschritte d. Medic.)

Zellpartie fortschreitend werden die Tropfen wieder zu kleineren körnchenartigen Partikeln, welche dichtgedrängt die Zellsubstanz infiltrieren, so daß die ganze Zelle von einer hornigen Substanz in möglichst fein verteilter Form durchsetzt ist. Z. bezeichnet die glänzenden tropfenartigen Bildungen als eine „hornige Substanz im flüssigen Zustande", dagegen tritt die Verhornung erst ein, wenn aus den Körnern und aus den gröberen Netzgerüsten blasses feinkörnig-fädiges oder fein genetztes Protoplasma hervorgegangen ist. Da für Protoplasmanetze einmal die Bezeichnung Plastinnetze eingeführt worden ist, erscheint es zweckmäßig, den schon von Waldeyer benutzten Ausdruck Keratoplastin für die aus Eleidinkörpern oder verwandten Bildungen hervorgegangene Netzsubstanz in verhornenden und verhornten Teilen zu gebrauchen.

Waldeyer [1]) bezeichnet bei Säugern die Zellen der Hornschicht als abgelebt. Daß innerhalb der fertigen Hornsubstanz vitale Prozesse nur in sehr untergeordnetem Grade ablaufen, läßt sich schon aus dem Grunde annehmen, weil die verhornte Substanz das Eindringen von ernährenden Flüssigkeiten nur in sehr beschränktem Grade gestatten wird, immerhin würden sich als wirklich abgestorben nur die oberen Zelllagen bezeichnen lassen, in denen das Gefüge der Zellen bereits sich zu lockern beginnt. Als ein degenerativer läßt sich aber der Verhornungsprozeß nicht auffassen, da weder der Vorgang an sich dafür Anhaltepunkte bietet, noch auch die Körner und Netzgerüste, mit deren Differenzierung es beim Hühnchen zur Bildung von Hornsubstanz kommt, Eigenschaften besitzen, welche man als charakteristisch für Degenerationsprodukte bezeichnen könnte.

Beim Menschen beginnt nach Minot [2]) der Verhornungsprozeß verhältnismäßig früh, indem bereits beim 6monatlichen Embryo eine Hornschicht vorhanden ist, deren Zellen von den größeren, polygonalen einer kontinuierlichen Zelllage bedeckt werden, welche dem Epitrichium der Vögel entspricht. Die polygonalen Felder enthalten rundliche, granulierte, nach Alaun-Hämatoxylinbehandlung fast sämtlich einen Kern aufweisende Massen, anscheinend das geschrumpfte Protoplasma.

---

1) Untersuchungen über die Histogenese der Horngebilde, insbesondere der Haare und Federn. 1882.

2) Structure of the human skin. American naturalist, June 1886.

Erklärung der Abbildungen.

Vergrößerung 1050.

Taf. I.

Fig. 1—7 grüne und braune feinkörnig-fädige Cutikularschichten der Blattepidermis von Euphorbia cypar. Fig. 1—6 quere Durchschnitte.

Fig. 1. Die etwas verdickte Cuticula geht links über in eine kleine Anhäufung grüner körniger Substanz; unter der Cuticula zieht sich eine schmale, schwach brechende Lamelle der Außenwand hin.

Fig. 2. An Stelle der Cuticula werden die beiden seitlichen Abhänge der stark konvex prominierenden Außenwand eingenommen von einer grünen, körnig-fädigen Schicht, die sich verschmälernd in die nur verdickte, nicht gefärbte Cuticula der Nachbarzellen ausläuft. Die unmittelbar unter der Cuticula befindliche äußerste Lamelle der Außenwand ist schwach brechend, blaß und fein granuliert.

Fig. 3. Über die Außenwand dreier Epidermiszellen erstreckt sich eine ziemlich mächtige, zum bei weitem größten Teil grüngefärbte Cutikularschicht, die durch einen zarten, hie und da unterbrochenen, fädigen Kontur begrenzt wird. Die unterliegende äußerste Lamelle der Außenwand ist wie bei Fig. 1 und 2 schwächer brechend als ihre innere Schicht und in derselben treten hintereinander aufgereihte Fäden vor.

Fig. 4. Grüne, über 5 Zellen sich hinziehende und in die etwas verdickte, glänzende, ungefärbte Cuticula auslaufende Cutikularschicht, die neben feinen Körnchen und Fäden auch eine Anzahl derberer einschließt.

Fig. 5. Zwei ähnliche grüne Schichten wie in Fig. 2—4. Das Protoplasma der einen Zelle ist ganz, das der anderen teilweise grün gefärbt. Über der Zelle rechts an Stelle der Cuticula eine Lage glänzender Körner.

Fig. 6. Ziemlich mächtige, wie das Zellprotoplasma braun gefärbte Schicht. Die äußerste Lamelle der Außenwand der mittleren Zelle körnig und schwach brechend.

Fig. 7. Flächenansicht von Cutikularschichten, welche die Furchen zwischen benachbarten Zellen zum Teil ausfüllen und streckenweise grün gefärbt sind.

Fig. 8a. Erweichte, netzförmig differenzierte Cutikularschicht der Blattepidermis von Lophospermum sc. Während einer 3 Minuten langen Beobachtung, unter Anwendung von einprozentiger Zuckerlösung als Zusatzflüssigkeit, änderte die Schicht ihre Beschaffenheit vollständig. Ein Teil der Septen schwindet, bei anderen ändert sich ihre Form und Stärke wie die Weite der Maschen; die Zahl der geformten Teile nimmt ab und gleichzeitig bilden sich die persistierenden zu derberen aber schwächer brechenden Strängen und Knoten um (b).

Fig. 9a—c. Lücken in den Wandungen der Zellen der Blattepidermis von Ficus elastica. Flächenschnitt. In die Lücke bei a dringt vom wandständigen Protoplasma jeder der beiden Nachbarzellen ein feiner Faden ein.

Taf. II.

Fig. 1a. Schollen erweichter Substanz der Cuticula der Blattepidermis von Lophospermum sc. Während der Beobachtung ändert sich die Beschaffenheit der Konturen, der untere Abschnitt der grofsen Scholle schnürt sich von dem oberen ganz ab, die Fadenstrukturen ändern ihre Beschaffenheit, werden derber, und nach Schwinden der beiden Vakuolen rechts oben entwickeln sich zwei andere. Gleichzeitig ändern auch die kleinen Schollen links ihre Form, ihre Konturen werden teils blasser, teils treten dieselben schärfer vor (b). Zusatzflüssigkeit einprozentige Zuckerlösung.

Fig. 2—8. Durchschnitte durch die Blattepidermis von Dracaena Dr.

Fig. 2. Flächenansicht der feinkörnig-fädigen Schicht der Aufsenwand; Körnchen und Fäden gehen zahlreiche netzförmige Verbindungen ein.

Fig. 3. Durchschnitt durch eine Seitenwand und die angrenzenden Abschnitte der Aufsenwände. Die Seitenwand wird durch ein fädiges Gerüst mit einer Anzahl derberer Knoten und Stränge gebildet, die zum Teil mit ihren zackigen Fortsätzen in die Zelllichtung prominieren; dieselbe setzt sich unmittelbar fort in die körnig-fädige Schicht der Aufsenwand. Speziallamellen fehlen, die Abgrenzung der Seiten- und Aufsenwand von der Zelllichtung wird lediglich durch die der Wandung zugehörigen Körnchen, Fäden, Knoten und Stränge bewirkt.

Fig. 4. Von der körnig-fädigen Schicht der Aufsenwand ragen Fäden frei in die Zelllichtung ein. In die Seitenwand rechts setzt sich die körnig-fädige Schicht fort unter gleich dichter Stellung ihrer Körnchen und Fäden, während die Seitenwand links nur vereinzelte gekörnte Fäden einschliefst und in der Aufsenwand der Nachbarzelle links die körnig-fädige Schicht sich verschmälert und nach innen durch eine Speziallamelle begrenzt wird.

Fig. 5. Das sehr dünn auslaufende Ende eines queren Durchschnitts. Die körnig-fädige Schicht setzt sich in die Seitenwände fort, bildet links im Durchschnitt einen spitz auslaufenden, durch stark glänzende derbe Körnchen und Fäden gebildeten Kegel, während sie rechts in der Mittellinie aufgereihte, stark glänzende Körner einschliefst. Eine Speziallamelle besitzt nur die Seitenwand links. Längs des äufseren Randes der körnig-fädigen Schicht senken sich wie in Fig. 4 vereinzelte kurze Fäden in die cutikularisierte Schicht ein.

Fig. 6. Flächenschnitt. Durchschnittsbild einer primären Querwand mit den zugehörigen Seitenwänden. Die mittlere, mit der körnig-fädigen Schicht der Aufsenwand zusammenhängende Lamelle ist ausgezeichnet durch die Derbheit und den starken Glanz ihrer Körnchen. Ein strangförmiger, gleichfalls stark glänzender Fortsatz derselben dringt jederseits durch die Speziallamelle in die Zelllichtung ein und läfst sich in derselben noch eine Strecke weit verfolgen. In den unteren Seitenwänden ist aufserdem ein gleichfalls stark glänzender, derbkörniger Strang eingeschlossen, der im Bereiche der Abgangsstelle der Querwand zu einem glänzenden, im Durchschnitt pyramidenförmigen Gebilde anschwillt und nach rechts fein ausläuft.

Fig. 7. Primäre Querwand und angrenzende Abschnitte der Seitenwände. Die körnig-fädige Struktur der Querwand setzt sich in eine gleichbeschaffene der Seitenwände fort. Links oben hat sich von der Seitenwand aus die Membranbildung in die Zelllichtung hinein fortgesetzt und ist der im Durchschnitt zapfenförmige Fortsatz der ersteren von der Querwand durch eine schmale Spalte getrennt.

Fig. 8. Flächenansicht einer Seitenwand, die eine Anzahl teils spindelförmiger, teils gröfserer unregelmäfsig geformter, mit zackigen Fortsätzen versehener, homogener Gebilde einschliefst, die zum Teil untereinander anastomosieren. Längs des oberen Randes senken sich Fäden der körnig-fädigen Schicht in die Seitenwand ein.

Fig. 9—12. Quere Durchschnitte durch die Blattepidermis von Euphorbia c. Die getrockneten Schnitte waren 10 Minuten der Einwirkung rauchender Salpetersäure ausgesetzt und dann mit Ammoniak behandelt worden.

Bei 9 und 10 treten konzentrische Lamellen in den äufseren Abschnitten der Aufsenwandungen, bei Fig. 11 in der ganzen Dicke derselben hervor. Blasse, feine Radiärfäden durchsetzen bald spärlich, bald in dichter Stellung die Aufsenwände in ihrem inneren Abschnitt (Fig. 9 und 11), oder in ihrer ganzen Dicke (Fig. 10). In Fig. 12 ist die Aufsenwand homogen geblieben und nur im Bereiche ihres inneren Umfangs tritt eine feine Strichelung durch parallele, gekörnte, radiär gestellte Fäden hervor.

Das intracellulare Protoplasma ist infolge der Einwirkung der Säure stärker glänzend geworden, während die Radiärfäden immer sehr blafs sind.

In der Zelle Fig. 9 links nimmt eine anscheinend aus Membransubstanz gebildete, mit ein paar zackigen Fortsätzen versehene Scholle den ganzen oberen Abschnitt der Zellhöhle ein.

Fig. 13—16 von Längsdurchschnitten, Fig. 17 und 18 von Flächenschnitten der Blattepidermis von Euphorbia c., die in der gleichen Weise behandelt worden sind.

Fig. 13. Der ganze innere Abschnitt der Aufsenwand wird durch eine Netzschicht eingenommen, während der äufsere konzentrische Lamellen enthält.

Fig. 14. Zwei der konzentrischen Lamellen gehen in verbreiterte, körnige Abschnitte über; die inneren Lamellen werden von einzelnen Radiärfäden durchsetzt.

In Fig. 15 besteht die Aufsenwand fast in ihrer ganzen Dicke aus sehr feinen, parallelen, gekörnten Fibrillen.

In Fig. 16 besitzt die Membran gleichfalls ein fibrilläres Gefüge, die einzelnen Fibrillen sind aber hier kurz und nehmen am unteren Ende der Zeichnung einen etwas welligen Verlauf an.

Fig. 17. Die innere Begrenzung der hier homogenen Membran wird oben und unten durch einen Streifen wandständigen, mit der letzteren verbundenen Protoplasmas gebildet und beide Streifen laufen aus in eine schmale, bereits der Membran zugehörige Netzschicht, deren Fäden sich durch ihre Feinheit und Blässe auszeichnen. Auch die vom oberen wandständigen Protoplasmastreifen ab- und in die Membran eintretenden Fäden sind sehr blafs und fein.

Fig. 18. An dem einen Zellpol erstreckt sich von der Innenfläche der homogenen Membran eine weitmaschige Netzschicht mit blassen, feinen Fäden ziemlich tief in die Substanz der Membran hinein. Auch hier ist der Streif wandständigen wie das im Innern der Zelle befindliche Protoplasma durch seinen stärkeren Glanz vor den der Membran zugehörigen Netzen ausgezeichnet.

Fig. 19, 20 und 21 Membranlücken der Epidermiszellen der Blätter von Dracaena Dr., Rhododendron p. und der Parenchymzellen des Knollens von Cyclamen europ.

Fig. 19. Lücken in den Wandungen einer Epidermiszelle von Dracaena Dr. (von der Unterseite des Flächenschnitts aus gesehen). Aufser zwei gröfseren, von Protoplasma ausgefüllten Lücken noch eine sehr schmale am Kantenwinkel rechts oben. Eingeschlossen im Protoplasma zwei glänzende, anscheinend aus Membransubstanz gebildete Körner, wie sie sich vereinzelt und im Bereiche der Lücken auch in Fig. 20 bei d und e finden.

Fig. 20 a—e. Lücken in den Wandungen von Epidermiszellen von Rhododendron p. Bei a greifen die Enden der beteiligten Membranabschnitte unter Bildung eines schmalen Spaltes übereinander und schärfen sich gleichzeitig, wie auch in Fig. 19, zu. Auch bei d und e sind die Enden der an der Lücke beteiligten Membranen verschmälert; bei c greift das untere Rudiment der Querwand mit drei zackigen Fortsätzen in die Lücke aus.

Fig. 21 a—g. Lücken in den Wandungen der Parenchymzellen des Knollens von Cyclamen, bei a—f im Durchschnitt, bei g von der Fläche. Die Lücken sind leer oder von körnig-fädigem Protoplasma erfüllt, die begrenzenden Membranabschnitte mehr oder weniger beträchtlich verdünnt und zugeschärft. Bei c ist der unterhalb der Lücke befindliche, dieselbe begrenzende Membranabschnitt im Diffusionsbild sichtbar.

Taf. III.

Fig. 1—8. Lücken in den Wandungen von Intercellularen des Knollens von Cyclamen mit Neubildung von Celluloselamellen und Schalen oder kapselförmigen Gebilden in denselben.

Die die Lücken begrenzenden Membranabschnitte laufen teils zugeschärft aus (Fig. 2, 3, 5 und 6), teils schieben sie sich übereinander (Fig. 6) oder enden etwas verdickt wie bei Fig. 4. Bei Fig. 1 fehlt auf der einen Seite die Wand der Intercellulare vollständig, an Stelle derselben wird die Lücke durch einen Streifen körnig-fädigen Protoplasmas geschlossen, wie ein solcher auch die Lücken bei Fig. 2—5 schliefst.

In Fig. 5—8 stellen die innerhalb der Intercellularen entstandenen neuen Membranen kapselartige, im Bereiche eines Teils ihres Umfangs mit der Wand der Intercellulare verschmolzene Gebilde dar, die im Durchschnitt ganz geschlossen sind (Fig. 5, 7 u. 8 a) oder durch eine Lücke mit dem sie umgebenden Intercellularraum kommunizieren (Fig. 6 und 8 b).

Bei Fig. 8 b ragt von der Wand der Kapsel ein blattförmiger Fortsatz in ihr Inneres, das hier, wie in Fig. 5 körnig-fädiges, in Fig. 6 netzförmiges Protoplasma einschliefst. In Fig. 6 erstreckt sich vom unteren Umfang der Kapsel ein trichterförmiger Fortsatz sehr blasser, homogener Substanz nach dem unteren Kantenmuskel.

In Fig. 7 wird nur die Mitte des Kapselraumes von körnig-fädigem Protoplasma eingenommen, während derselbe aufserdem, bis auf eine kleine Lücke am linken Umfang, ganz von blasser, homogener, schwach brechender Substanz erfüllt wird.

In Fig. 9 wird der Intercellularraum durch eine Querwand in zwei Hälften geteilt.

Fig. 10—12. Neugebildete Membranlamellen in den Zellen des Knollenparenchyms von Cyclamen, die an den Enden ganz allmählich in Streifen homogenen oder granulierten Protoplasmas auslaufen. In Fig. 12 ist die Wandung im unteren Abschnitt des Zellumfangs rechts eine doppelte und mit beiden Membranlamellen eine dritte verschmolzen, die sich quer in das Zellinnere hinein entwickelt hat.

Fig. 13—16. Fädiges Gefüge der Mittellamelle der Wandungen der Parenchymzellen aus dem Knollen von Cyclamen nach Behandlung der Schnitte erst mit Liq. Kali c. und dann mit rauchender Salpetersäure und mit Ammoniak.

In Fig. 13 ist der die Zellwand durchziehende Faden samt den beiden strahligen Knoten, in welche er ausläuft, eingeschlossen in eine kanalartige Lichtung; nur der Knoten links zeigte eine blasse gelbliche Färbung.

In Fig. 14 werden die Zellwände von gelbgefärbten Fäden durchzogen, welche beim Übergang von einer Wand in die andere miteinander anastomosieren.

Fig. 15. Die sehr beträchtlich gequollene vertikale Wand schliefst mehrere Züge gelber Fasern ein, von denen einer in einen sehr derben dreieckigen Knoten ausläuft. Von dem letzteren geht wieder eine ungefärbte Faser ab, die, eingeschlossen in einer hellen, kanalartigen Lichtung einen Teil der angrenzenden Wandung rechts durchsetzt. Die obere Wand der Zelle links wird gleichfalls von ungefärbten Faserreisern durchzogen.

Fig. 16. Der horizontale Membranabschnitt wird von mehreren, streckenweise gelbgefärbten Fasern durchzogen, die auch die anstofsenden Membranen noch eine Strecke weit in axialer Richtung durchsetzen.

Taf. IV.

Fig. 1 a—p. Chlorophyllkörper aus dem Mesophyll von Philodendron mit Stärkekörnern und Knoten; aus mit wässriger Jodlösung behandelten Schnitten eines Blattstücks, in welchem nach Einwirkung von Alkohol das Chlorophyll eine gelbe Färbung angenommen hatte. Die Stärkekörner und stärkehaltigen Protoplasmateile sind hier und in den übrigen Abbildungen mehr oder weniger dunkel gehalten, je nach dem Grade der Blau- oder Violettfärbung durch die Jodlösung.

a Chlorophyllkörper mit netzförmigem weitmaschigem, nach oben in frei abtretende Fäden auslaufendem Stroma, das sich kontinuierlich in eine engmaschigere ungefärbte Netzschicht des Protoplasma fortsetzt; vier zackige Stärkeknoten laufen mit ihren Fortsätzen in feine Netzfäden aus.

b und *c* Chlorophyllkörper mit ähnlichen, in fädige Fortsätze auslaufenden Stärkeknötchen, die in c zum Teil miteinander verschmolzen sind.

d—*g* gröfsere, unregelmäfsig geformte Stärkekörner mit homogenem Innern, die mit ihren zackigen Fortsätzen bei d anastomosieren, bei f und g durch dieselben mit dem umgebenden Netzstroma der Chlorophyllkörper zusammenhängen.

Die Stärkekörner in den Chlorophyllkörpern h—p schliefsen noch kenntliche Teile des Stromas der letzteren ein.

h Stärkekorn mit zwei Fortsätzen, von denen der breitere, durch Jod nur lichtblau gefärbte in seinem Innern ein paar Körnchen und feine Fäden erkennen läfst.

i blafs violettes, von einem fädigen, mit Körnchen besetzten Kontur begrenztes, einen blassen Faden einschliefsendes Stärkekorn.

In *k* und *l* besteht der stärkehaltige Abschnitt des Chlorophyllkörpers aus einem Netzabschnitt, dessen Fäden dunkler blau gefärbt sind als die Zwischensubstanz und von dessen Umfang zackige und fädige Fortsätze abtreten.

Das Stärkekorn in *m* schliefst einige dunkler blau als die Grundsubstanz gefärbte Körner und Körnchen ein und aus demselben treten eine Anzahl gefärbter, derbfädiger Fortsätze aus.

Der Chlorophyllkörper *n* enthält ein peripher gelegenes, mit zackigen Fortsätzen versehenes Stärkekorn mit einem dunkler blau gefärbten, gleichfalls zackigen Körper im Innern und drei kleine, mit zackigen Fortsätzen versehene Stärkeknötchen.

Die Chlorophyllkörper in *o* und *p* enthalten gleichfalls je ein Stärkekorn mit zackigen Fortsätzen und tiefer blau gefärbten körnigen Einschlüssen, der Chlorophyllkörper in o, daneben noch ein paar kleine Stärkeknötchen.

Fig. 2a—d stärkehaltige Kerne aus dem Rindenparenchym des Knollens von Orchis bifol.

a zwei zackige Stärkeknötchen (*St*) im Kern und ein demselben anliegendes Protoplasmaklümpchen mit ein paar kleinen Stärkekörnern.

In *b* neben einem Stärkeknötchen in der Peripherie ein dem Kernkörper angelagertes, ein paar Körnchen einschliefsendes und durch einen fädigen Kontur begrenztes polygonales Stärkekorn.

In *c* zwei dem genetzten Kernkörper unmittelbar anliegende Stärkekörner.

In *d* eine Anzahl meist zackiger, in fädige Fortsätze zum Teil auslaufender kleiner Stärkekörner, zwei derselben innerhalb der Membran, nach dem Kerninnern wie nach aufsen prominierend.

Fig. 3 I—VII Stärkekörper aus dem Protoplasma der Parenchymzellen der Zwiebelschalen der Tulpe.

I ein paar blaue strangförmige, isoliert im Protoplasma liegende Gebilde.

II und III blafsblaue, unregelmäfsig geformte Stärkekörner mit breit abtretenden zackigen Fortsätzen und (in II) aus den peripheren Abschnitten austretenden feinen Fäden; Zacken und Fäden zum Teil blafsblau, die derberen der im Innern befindlichen Körnchen dunkler blau als die Grundsubstanz.

IV blafsblauer Stärkekörper mit ein paar derben zackigen Fortsätzen, körnig-fädigem Innern. Die derberen Körnchen des Inneren und das kleine Korn dunkler als die Grundsubstanz gefärbt.

V blafsviolettes, oben von ungefärbtem Netzplasma umgebenes, eine Anzahl dunkelblauer zackiger Knötchen einschliefsendes Korn.

VI unregelmäfsig gestalteter, mit lappigen und zackigen Fortsätzen versehener Stärkekörper, in seiner Umgebung ein Paar kleine gezackte Stärkekörper, in denen wie in einem Paar der Fortsätze dunkler blau gefärbte Teile, aber keine Protoplasmareste mehr zu erkennen sind.

VII Korn mit dunkler gefärbter derber Hülle und lichter blauem, körnig-fädige blasse Substanz einschliefsendem Innern.

Fig. 4. Stärkeeinschlüsse des Zellinhalts aus dem Parenchym des Knollens von Cyclamen.

I—III stärkehaltige frei im Zellinnern liegende homogene Aglaioplasten, bei I ein kleines, bei II ein gröfseres Stärkekorn einschliefsend, während die Scholle bei III als Ganzes, bis auf den Rand rechts, gebläut worden ist; dieselbe schliefst einzelne Körnchen wie Gruppen derselben ein, die dunkler blau gefärbt sind als die homogene Substanz der Scholle.

IV—VII gröfsere und kleinere, von netzförmigem Aglaioplasma umschlossene runde oder ovale, glatt konturierte Stärkekörner ohne körnig-fädige Einschlüsse.

VIII polygonales Korn mit fädiger Begrenzung und Körnchen im Innern, die dunkler blau als die Grundsubstanz gefärbt sind; von den Ecken oben und unten gehen ein paar fädige Fortsätze aus, die sich in die umgebenden Protoplasmanetze einsenken.

IX und X blafs blaue Netzklumpen mit zackigen, zum Teil in Fäden auslaufenden Fortsätzen; die Netzteile des Innern sind dunkler blau gefärbt als die Grundsubstanz.

XI ein homogenes, dunkelblaues Korn geht nach abwärts über in eine lichter blaue Netzpartie, deren Fäden nicht dunkler gefärbt sind als die Grundsubstanz.

XII dunkelblaues Korn mit einzelnen lichtblauen Fortsätzen, die unten netzförmige Anastomosen eingehen.

XIII Stärkekorn mit blafsblauem, blafse körnig-fädige Substanz einschliefsendem Innern und partieller dunkler blauer, homogener, in das Innere mit ein paar Fortsätzen eingreifender Schale.

Fig. 5. Stärkeeinschlüsse des protoplasmatischen Zellinhalts aus dem Parenchym des Knollens von Phajus.

I Leukoplast aus dem Rindenparenchym mit zwei rundlichen, blafsvioletten, kleine Körnchen einschliefsenden und von fädigen Konturen begrenzten Stärkekörnern; vom Kontur derselben treten einzelne feine Fäden ab und in das umgebende Stroma ein.

II einzelne isoliert im wandständigen Protoplasma liegende gebläute Körnchen und Fäden.

III zwei violette Fadenringel mit ungefärbtem Inhalt, der eine mit kurzen, stielartigen Fortsätzen.

IV eckiges Stärkekorn mit fädigem Kontur, ein Körnchen und einen Faden einschliefsend.

V Stärkekorn mit sehr blafs gefärbter Grundsubstanz, lebhafter gefärbten Stromateilen.

VI zackiges Stärkekorn mit körnig-fädigem Innern, einen dunkler blau gefärbten, zackigen Körper einschliefsend.

VII Korn, das am Umfang rechts tief, zum gröfseren Teil lichtblau gefärbt ist und in letzterem einzelne Körnchen einschliefst.

VIII und IX sehr unregelmäfsig gestaltete, mit stielförmigen und zackigen, bei VIII anastomosierenden Fortsätzen versehene

Stärkekörper aus der Wandschicht; die in ihnen sichtbaren Körnchen zum Teil dunkler blau als die Grundsubstanz gefärbt.

x halbmondförmiger Stärkekörper ohne Differenzierung im Innern, mit zackigen Fortsätzen längs des oberen Randes; rechts längs des konvexen Randes ein blauer, aus dicht hintereinander gestellten Körnchen bestehender Strang.

xi. Das dunkelblau gefärbte, herzförmige Stärkekorn wird oben bedeckt von einer blafsblauen, teils homogenen, teils genetzten Plasmaschicht, die nach links einen lappigen, tiefblauen Anhang besitzt. In der Netzschicht waren Körnchen und Fäden zum Teil dunkler gefärbt als die Grundsubstanz; von der Netzschicht erstreckt sich eine schmale körnige, noch blau gefärbte Zone längs des linken Umfangs des Korns bis zu seiner Spitze.

xii Gruppe von tiefgefärbten, in Protoplasmanetze eingebetteten Stärkekörnern, rechts oben zwei homogene, gelbe Aglaioplasten. Die den letzteren zunächst liegenden Stärkekörner sind ziemlich regelmäfsig konturiert und knapp von einem kapselartigen Saum verdichteten Protoplasmas umschlossen. Der grofse, hakenförmig gekrümmte Stärkekörper links greift an seinem inneren Umfang mit zackigen Fortsätzen in die Protoplasmanetze ein und läfst innerhalb seiner hier lichter blauen Substanz Einschlüsse von Körnchen und Fäden noch erkennen, die ebenso längs des lichteren oberen Randes des Stärkekorns rechts unten sichtbar sind.

xiii grofses Stärkekorn, das links längs seines oberen Umfangs mit zackigen Fortsätzen in das umgebende Netzprotoplasma ausgreift.

Fig. 6. Runder genetzter Aglaioplast (c) und zwei längliche, teils homogene, teils genetzte Aglaioplasten (b und a) aus dem Parenchym des Knollens von Cyclamen.

Fig. 7 i und ii. Derbe, zum Teil knotig verdickte, glänzende Fasern, die neben körniger Substanz aus homogenem Aglaioplasma hervorgegangen sind; aus dem Parenchym des Knollens von Phajus.

Fig. 8 i Kristalloid aus dem Knollen von Cyclamen, ii Kristalloide aus der Tulpenzwiebel, iii Gruppen grofserer und kleinerer ungefärbter Kristalloide aus dem Knollen von Phajus, iv blaue Büschel von Kristalloiden aus dem Rindenparenchym des Knollens von Phajus, die bei b und c in eine kompakte, homogene Protoplasmaschicht eingebettet sind, während bei a zwischen den blauen Nadeln ungefärbte Fäden vortreten, v kleinere zackige Farbstoffkörper ohne deutlich kristallinische Form.

Taf. V.

Fig. 1—13 Stärkekörner aus der Tulpenzwiebel (Fig. 6 aus dem Knollen von Phajus), die acht Stunden mit Speichel bei 45° C. behandelt und zum Teil entstärkt worden sind. Fig. 4 bis 13 nach Jodbehandlung.

Fig. 1. Völlig entstärktes Korn mit kapselartiger Hülle aus verdichtetem Protoplasma, die nach links unterbrochen wird durch blafses feinkörnig-fädiges Protoplasma, das hier sich auch in die Peripherie der Stärkecellulose fortsetzt.

Fig. 2. Am obern und untern Umfang besitzt die Stärkecellulose eine fein- und blafsgranulierte Beschaffenheit; im oberen Teil ein paar stärker brechende Querstreifen.

Fig. 3. Im gröfsten Teil seines Umfangs wird das Korn umschlossen von einer kapselartigen protoplasmatischen Hülle, am unteren Rand besitzt die Peripherie des Korns eine blafs- und feingranulierte Beschaffenheit und sein Kontur setzt sich von da in einen feinen blassen Faden fort, der längs des Randes rechts unmittelbar unter der Kapsel das Korn begrenzt.

Fig. 4. Korn ohne protoplasmatische Hülle. Die Peripherie in gröfserer Ausdehnung feinkörnig-fädig; längs des Umfangs rechts ragen zwischen den Körnchen in gröfserer Zahl feine und kurze Fäden frei nach aufsen vor.

Fig. 5 und 6. Der Umfang der entstärkten Partien zum Teil feinkörnig, mit feinen kurzen, nach aufsen prominierenden, in der Peripherie des Korns wurzelnden Fäden. In der homogenen Substanz der Cellulose bei 5 quere Streifen, bei 6 auch ein paar kleine Körner.

Fig. 7. Das von einer protoplasmatischen zum Teil ziemlich feinen Hülle umschlossene Korn enthält in seinem entfärbten Abschnitt Körnchen in Reihen und Gruppen, wie einzelne feine und kurze Fäden.

Fig. 8. Kontur der Cellulose zum Teil körnig; im Innern derselben Körncheureihen und Gruppen und ein etwas dunklerer, prismatischer, Körnchen einschliefsender Körper.

Fig. 9. Periphere Abschnitte der Cellulose blafs granuliert mit einzelnen kurzen, frei vorstehenden Fäden. Im Innern eine Anzahl Querstreifen.

Fig. 10, 11 und 12. Die Cellulose besitzt fast in der ganzen Ausdehnung der entstärkten Partien eine blafskörnig-fädige Beschaffenheit, während ihr Kontur in Fig. 10 in seiner ganzen Ausdehnung, in Fig. 11 und 12 teilweise durch derbe, etwas glänzende Fäden und Körnchen gebildet wird. In Fig. 11 sind die letzteren gruppenweise auch im Innern der Cellulose enthalten.

Fig. 13. Kontur und zum Teil auch die periphere Zone der Cellulose feinkörnig mit einzelnen frei vortretenden kurzen Fäden; im Innern blasse Körner und quergestellte Stränge und Streifen.

Fig. 14—17. Kerne aus der Zwiebelscheibe der Tulpe. Die Stromateile in 14 sind blafs und sehr zart, in 15 derber und etwas glänzend und neben denselben finden sich in beiden Kernen blasse, graue, rundliche oder ausgezackte, sehr fein granulierte Körner.

Der Kern Fig. 16a verkleinert sich unter Verdichtung seines Stromas im Verlaufe von 10 Minuten nach Anfertigung des Präparats und erhält die Form und Beschaffenheit von 16b.

Fig. 17. Das Kernstroma hat sich, unter Aneinanderrücken und teilweisem Verschmelzen seiner Teile im Bereiche von nahezu der Hälfte des Kernumfangs im Verlaufe von 10 Minuten von der Membran abgelöst und zurückgezogen.

Fig. 18. Das Stroma des Kerns hat sich im gröfseren Teil seines Umfangs von der Membran abgelöst und zurückgezogen. Die entstandene Lücke war anfangs von der Grundsubstanz des Kerns, dem Enchylema, gleichmäfsig ausgefüllt, dann zog sich das letztere ebenfalls zusammen und bildete eine blasse, zart konturierte, dem retrahierten Stroma aufsitzende Halbkugel, die sich rasch bis auf die punktierte Linie und schliefslich bis zur Grenzlinie der abgelösten Stromateile zurückzieht.

Fig. 19 a—l. Wechsel in der Beschaffenheit der Form und des Stromas des einen Polabschnitt eines ovalen Kerns, wie er sich im Verlaufe einer Stunde in Pausen von 3—10 Minuten vollzog und bei Abbrechen der Beobachtung noch fortdauerte.

Fig. 20—26. Epidermis des Hühnchens aus der letzten Woche der Bebrütung.

Fig. 20. Durchschnitt durch die Epidermis eines Schildes vom Lauf vom 18. Tage der Bebrütung.

a Netzlamelle des Epitrichium, b obere kernfreie Schicht des Rete, c kernhaltiges Rete mit Zügen von Fibrillen, welche die Kerne und eine diese einschliefsende Protoplasmaschicht umgürten.

Fig. 21. Durchschnitt durch die Epidermis eines Schildes vom Lauf. Unter der genetzten Lamelle a eine bereits verhornte a^1, unter dieser die oberste kernfreie Schicht des Rete.

Fig. 22. Flächenansicht der Felder einer Lamelle des Epitrichium mit teils netz- teils reiserförmigem Bau des Gerüsts in den ersteren.

Fig. 23. Kernhaltige Felder einer verhornenden Lamelle des Epitrichium mit sehr blassem, feinfädigem, zum Teil netzförmigem Stroma und hellen, breiten, an zwei Stellen zu Stromateilen differenzierten Grenzleisten.

Fig. 24. Verhornendes Feld mit blassem, feinem Stroma, das einige verbreiterte und verblafste Knoten und Stränge einschliefst, die sich noch nicht zu blassen und feinen Körnchen und Fäden differenziert haben, aufserdem noch ein paar unveränderte, glänzende, zackige Knoten. In den zwei angrenzenden Feldern ist das Stroma glänzend und noch ganz unverändert.

Fig. 25 a und b. Zwei blasse, mit zackigen Fortsätzen versehene Kerne aus Feldern einer verhornenden Schicht. In b wird der Kern eingefafst durch eine Zone dunkler Körnchen und Fädchen, während weiter nach aufsen das Stroma blafs wird.

Fig. 26 von einer Flächenansicht des Rete. Die Protoplasmamassen zwischen den Kernen gehen hier wie überall im Rete im Bereiche der Schilder und Schuppen kontinuierlich ineinander über; nur insofern findet eine Abgrenzung der Protoplasmamasse zu einzelnen Territorien statt, als die Kerne in einiger Entfernung von kon-

zentrischen Fibrillenzügen umkreist werden. Zwischen den einzelnen Fibrillen Körnchen (Fibrillendurchschnitte) und schräg auf- oder absteigende Fibrillenbruchstücke.

Inhalt.

Seite

1) Über einige Strukturverhältnisse in den Membranen der Blattepidermis von Dracaena Draco und Euphorbia Cyparissias . 47
2) Bildung von Cellulosehäuten innerhalb der Intercellularen und der Parenchymzellen in den Knollen von Cyclamen europ. und Phajus grandifolius 65
3) Über Membranlücken 70
4) Über das Auftreten von Chlorophyll in Zellmembranen . . 73
5) Über Bildung und Wachstum von Stärkekörnern in den Chlorophyllkörnern, im Kern und im Protoplasma 102
6) Über Bildung von Chlorophyll aus Stärkekörnern 126
7) Über Um- und Neubildungen des Kernstromas in den Zellen der Zwiebelscheibe der Tulpe 136

Fig. 1.

Fig. 3.

Fig. 4.

Fig. 5.

Fig. 2.

Fig. 6.

Fig. 7.

Fig. 9.

Fig. 8a.

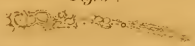


Fig. 8b.

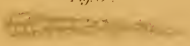


Fig. 1a

Fig. 1b

Fig. 2.

Fig. 3.

Fig. 4.

Fig. 5.

Fig. 6.

Fig. 8.

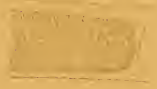


Fig. 9.

Fig. 10.

Fig. 7.

Fig. 11.

Fig. 12.

Fig. 13.

Fig. 14.

Fig. 15.

Fig. 16.

Fig. 17.

Fig. 19.

Fig. 20.

Fig. 21.

Fig. 18

Fig. 1.

Fig. 2.

Fig. 3.

Fig. 4.

Fig. 5.

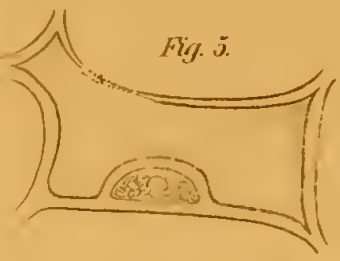


Fig. 6.

Fig. 7.

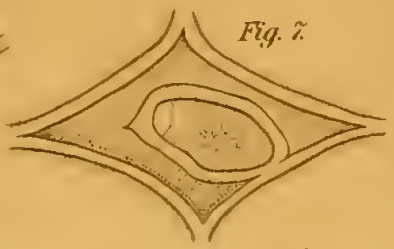


Fig. 8.

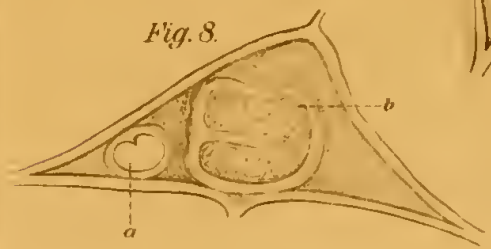


Fig. 9.

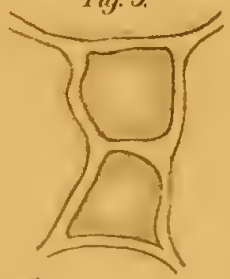


Fig. 10.

Fig. 11.

Fig. 12.

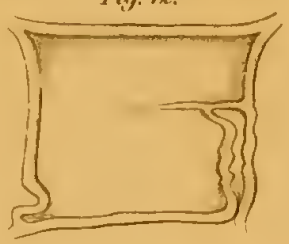


Fig. 13.

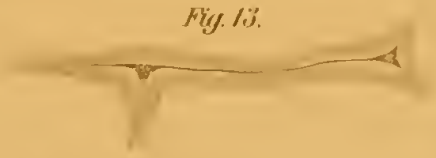


Fig. 14.

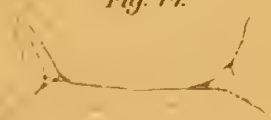


Fig. 15.

Fig. 16.

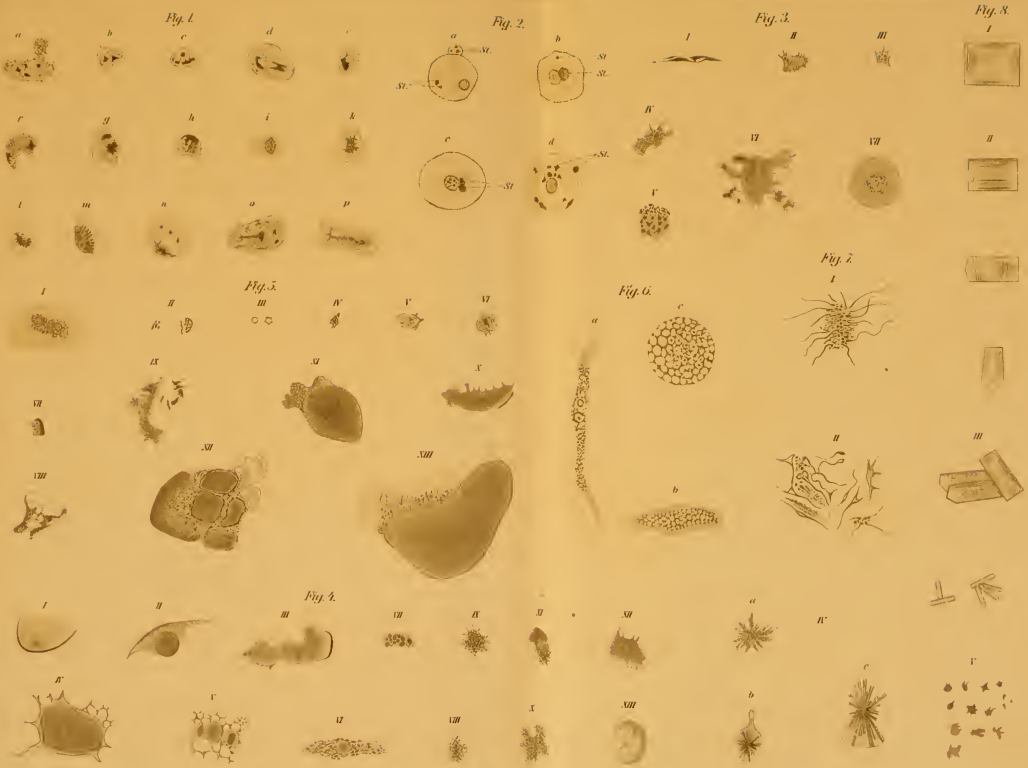
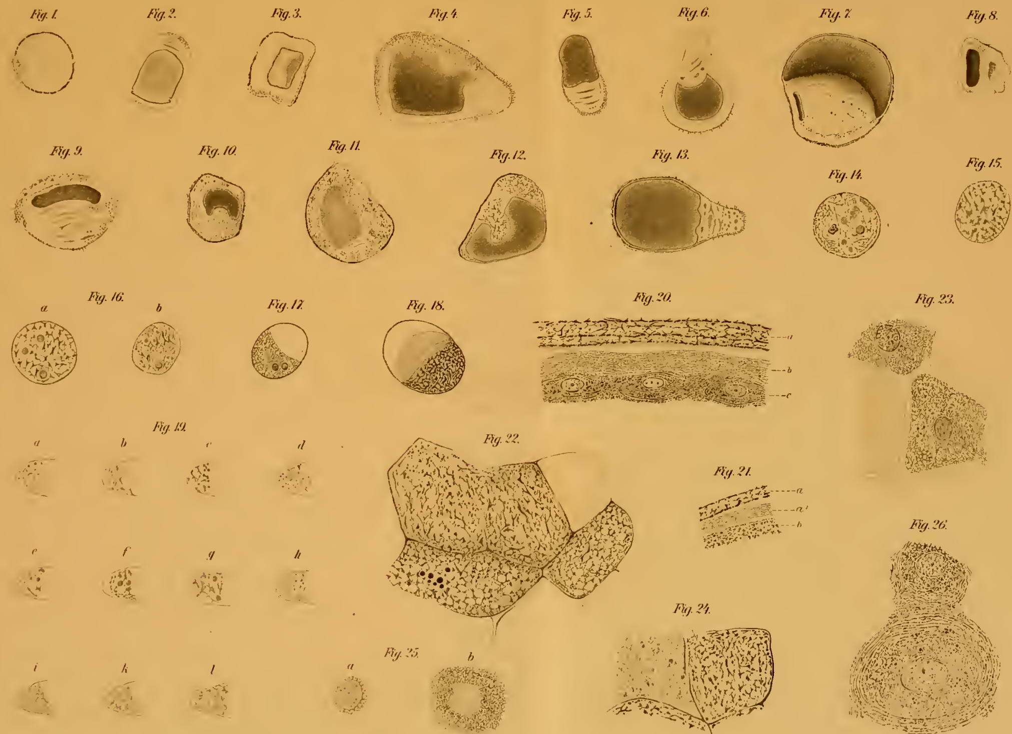


Fig. 1.
Fig. 2.
Fig. 3.
Fig. 8.
Fig. 5.
Fig. 6.
Fig. 7.
Fig. 4.



…mann del.
Gustav Fischer