Ozellen und Lichtkondensoren bei einigen Peperomien.

Von

Dr. P. Schürhoff.

Mit Tafel II und III.

1. **Peperomia metallica** Lind. et Rod.

Bei den Vorbereitungen zu einer Vorlesung fand ich im Blattquerschnitt von *Peperomia metallica* an Stelle der Palisadenzellen eiförmig gestaltete Zellen, die mit der Spitze nach der Unterseite des Blattes orientiert waren, während der halbkugelförmige Teil der Oberseite zugekehrt war.

Diese Form der Assimilationszellen ist bereits von Noll[1]) bei verschiedenen *Selaginellen* beobachtet worden und als Beleuchtungsapparat erklärt. „Die[2]) nach außen gewölbten Zellen wirken als linsenförmige Lichtkondensoren, in dem die senkrecht zur Oberfläche des Blattes einfallenden Strahlen teils durch Brechung, teils durch totale Reflexion an der Trichterwand gegen die Basis der Zelle geleitet werden und die hier angesammelten Chloroplasten intensiver durchleuchten."

Die trichterförmigen Palisadenzellen von *Peperomia metallica* zeichneten sich in verschiedener Weise aus. Sie enthielten Chlorophyllkörner, jedoch stets nur vier. Diese waren von außerordentlicher Größe, sie lagen stets in dem unteren Teile der eiförmigen Zelle, so daß in derselben Weise wie nach Noll's Untersuchungen bei den *Selaginellen* auch hier die Lichtstrahlen stets auf den Assimilationsapparat reflektiert wurden. Ganz auffallend war, daß die Chloroplasten stets gleiche Größe besaßen, fast vollkommen rund waren und die des Schwammparenchyms an Größe um das Mehrfache übertrafen.

Der durch die Form der Zellen und die Lage der Chloroplasten geschaffene Beleuchtungseffekt wird aber noch wesentlich

---

[1]) Noll, Arbeiten des botan. Institutes in Würzburg. Bd. III. 1888.
[2]) Haberlandt, Physiologische Pflanzenanatomie. Leipzig 1904. S. 257.

gefördert durch das Vorkommen von Kalziumoxalatdrusen in ungefähr der Hälfte aller Palisadenzellen.

Figur 1 zeigt diese eigenartigen Palisadenzellen schräg von unten. Man sieht die Vierzahl der Chloroplasten, besonders deutlich bei *a*; *b* zeigt die großen Kalziumoxalatdrusen. Das Photogramm wurde nach einem frischen, ungefärbten Schnitt hergestellt.

Das Blatt von *Peperomia metallica* besitzt, ebenso wie alle andern *Peperomia*-Arten, unter der Epidermis der Oberseite ein Hypoderm; dieses ist bei *Peperomia metallica* mehrschichtig, was bei andern *Peperomia*-Arten auch vorkommt, wie es insbesondere Pfitzer[1]) nachgewiesen hat.

In neuerer Zeit hat Haberlandt[2]) in der Epidermis von *Peperomia metallica* Zellbildungen gefunden, die er als Lichtsinnesorgane anspricht. Die sehr auffallenden eiförmigen Palisadenzellen mit ihren eigenartigen Lichtkondensoren beschreibt er nicht. Seine diesbezüglichen Ausführungen seien im folgenden kurz angeführt:

„Die großen Laubblätter von *Peperomia metallica* sind mit einem mächtigen Wassergewebe versehen und besitzen auf ihrer Oberfläche zahlreiche fast kreisrunde Höckerchen, die mehrzellige Sammellinsen vorstellen. Auf dem Blattquerschnitt sieht man, daß jede Linse von einer Gruppe tangential geteilter Epidermiszellen gebildet wird, die sich sphärisch vorwölbt. Genau unter der Mitte dieser Linse befindet sich eine Ölzelle mit etwas abgeflachtem Öltropfen, der als zweite Sammellinse fungiert. Stellt man beim Linsenversuch auf die untere Querwand der unter der Ölzelle gelegenen relativ niedrigen Wassergewebezelle ein, so sieht man wieder in der Mitte das hell leuchtende Mittelfeld, umgeben von einem ganz dunkeln Saume, und um diesen herum noch einen ziemlich breiten lichten Hof als optischen Effekt der flachen epidermalen Sammellinse. Bei schräger Beleuchtung tritt selbstverständlich wieder eine prompte Verschiebung dieser Helligkeitsverteilung ein. — Die gewöhnlichen Epidermiszellen sind mit flachen Außenwänden und ebensolchen oder nur schwach gebrochen vorgewölbten Innenwänden versehen, zur Lichtperzeption daher nicht geeignet."

Zu diesen Ausführungen Haberlandt's möchte ich bemerken, daß es mir nicht gelungen ist, die beschriebenen „Ozellen" an *Peperomia metallica* aufzufinden. Die Epidermis bestand stets aus kaum vorgewölbten Zellen; Öltropfen fanden sich in der Hypodermis überhaupt nicht vor. Dagegen besaß die Oberseite des Blattes sowohl wie die Unterseite zahlreiche Drüsenhärchen, die sich in muldenförmigen Einsenkungen der Epidermis befanden, so daß das Drüsenköpfchen kaum zur Hälfte über die Oberfläche der Epidermis hervorragte (s. Fig. 6, *a*.).

---

[1]) Pfitzer, Mehrschichtige Epidermis etc. (Pringsheims Jahrbücher. Bd. VIII. 1871—72. S. 26—31.)

[2]) Haberlandt, Die Lichtsinnesorgane der Laubblätter. Leipzig 1905. Seite 116.

Bei Lupenbetrachtung sieht man denn auch, besonders deutlich an der glänzenden Blattoberseite, die grübchenartigen Vertiefungen, in denen diese Drüsenhaare sitzen. Linsenförmige Erhöhungen der Epidermis waren nicht wahrzunehmen.

Dagegen scheinen die Drüsenhaare der Oberfläche zur Lichtperzeption geeignet; sie stehen in dieser Beziehung wohl auf einer Stufe mit den Öltröpfchen, denen Haberlandt[1]) bei *Peperomia magnoliaefolia* diese Eigenschaft zuschreibt, auch „die darunter befindliche Wassergewebszelle ist $1^1/_2$ bis $2^1/_2$ mal so hoch als die Ölzelle".

Die Palisadenzellen enthalten einen verhältnismäßig großen Zellkern, außerdem sehr häufig eine Kalziumoxalatdruse und die vier großen runden Chloroplasten. Die Kristalldrusen wirken augenscheinlich als Lichtkondensoren und -Reflektoren; sie liegen stets zwischen Lichtquelle und den Chloroplasten.

Kocht man ein ganzes Blatt in Chloralhydrat — man kann auch die Epidermis der Oberseite mit der Hypodermis vorher abziehen, was keine Schwierigkeiten verursacht — so sieht man bei mikroskopischer Betrachtung, daß die Kristalldrusen stets in den Palisadenzellen vorhanden sind, die über den Nerven liegen, sie begleiten auf diese Weise die einzelnen Gefäßbündel und zwar in Reihen von sechs bis zwölf nebeneinander; auf diese Weise wird beinahe die Hälfte aller Zellen mit Kristalldrusen versehen.

Die regelmäßige Vierzahl der Chlorophyllkörner legte die Vermutung nahe, daß es sich eventuell um selbständige organische Lebewesen handeln könnte, vor allem fanden sich Analogien mit *Cyanophyceen*, speziell mit *Gloeocapsa* ähnlichen Formen, Versuche, die darauf ausgingen, diese Chlorophyllapparate zu isolieren und außerhalb der Pflanze zu züchten, hatten bisher jedoch keinen Erfolg. Auch gelang es nicht mit Hilfe der neuesten mikrotechnischen Methoden Zellkerne nachzuweisen, was ja bei den *Cyanophyceen* immer noch auf große Schwierigkeiten stößt, wenn auch die Arbeiten von Kohl[2]) und Olive[3]) das Vorhandensein von Zellkernen bei den *Cyanophyceen* sichergestellt haben.

Gegen die Annahme, daß es sich um selbständige Lebensformen handeln könnte, spricht vor allem der Umstand, daß diese Assimilationsorgane in lebende Zellen eingeschlossen sich vorfinden, während wir sonst bei Symbiose der *Cyanophyceen* ein Vorkommen derselben nur in den Interzellularen finden. Ausschlaggebend ist diese Tatsache darum noch nicht, so daß wir durch entwicklungsgeschichtliche Untersuchung und vergleichende Anatomie allein eine Klarstellung dieser Verhältnisse gewinnen können.

Das entwickelte Blatt zeigt also, wie erwähnt, unter der ein- bis mehrschichtigen Hypodermis als einzige Palisadenschicht die charakteristischen eiförmigen Zellen. Die Hypodermiszellen sind bedeutend größer, so daß an der Basis der einzelnen Hypodermis-

---

[1]) Haberlandt, Die Lichtsinnesorgane der Laubblätter. S. 116, 117.

[2]) Kohl, J. G., Über die Organisation und Physiologie der *Cyanophyceen-Z*elle etc. Jena 1903.

[3]) Olive, E. W., Methodic division of the muclei of the *Cyanophyceae*; (Beihefte z. bot. Centralblatt. 1904. S. 10.)

zelle ungefähr vier bis zehn (im Querschnitt meist zwei bis drei) Palisadenzellen anliegen. Interzellularräume werden zwischen beiden Zellenlagen nicht gebildet. Im Querschnitt zeigen die Palisadenzellen nach Fixierung mit Chromosmiumessigsäure und Färbung mit Safranin-Gentianaviolett einen Zellkern, der ungefähr in der Mitte der Zelle liegt, meistens gerade oberhalb der Chloroplasten und noch in Berührung mit ihnen. Zum Unterschiede von den Kernen der Hypodermis und des Parenchyms besitzt er stets runde Gestalt, während die erwähnten anderen Kerne sehr häufig gestreckt sind.

Im unteren Drittel, bez. in der unteren Hälfte liegen die vier großen, intensiv dunkelgrün gefärbten Chlorophyllkörner. Sie haben runde, höchstens etwas eiförmige Gestalt. Mit Chloralhydrat aufgehellte, oder auch einige Zeit in Wasser liegende Präparate lassen in den Körnern ein maschiges Gewebe erkennen. Bei der Färbung mit Safranin-Gentianaviolett haben sie ein blaßrötliches Aussehen erhalten. Im Innern zeigen sie mehrere dunkler gefärbte Körnchen, hier und da scheint ein größeres dieser Körnchen von einem helleren Hofe umgeben zu sein.

Während bei den höheren Pflanzen ein begrenztes, fest bestimmtes Mengenverhältnis von Chloroplasten in der einzelnen Zelle bisher nicht bekannt war, finden wir, z. B. bei der Lebermoosgattung *Anthoceros*[1]), in den assimilierenden Thalluszellen einen einzigen Chloroplasten. Bei *Selaginella* kommen ebenfalls ein, bei manchen Arten auch zwei Chloroplasten vor, z. B. bei *Selaginella caesia*. Die von Haberlandt[1]) gegebenen Abbildungen, Figur 97 A und B, zeigen in mehrfacher Beziehung große Ähnlichkeit mit den Palisadenzellen von *Peperomia metallica*. Sie sind gleichfalls mit einer linsenförmig vorgewölbten oberen Membran versehen; die Chloroplasten liegen auch im unteren Teile der etwas trichterförmig gestalteten Zelle, während der obere Teil frei bleibt; der Zellkern ist ebenso wie bei *Peperomia* gelegen.

Die Unterschiede liegen vor allem an dem regelmäßigen Vorkommen der gleich zu besprechenden Kristalldrusen, die der *Peperomia* eine noch größere Ausnutzung der Lichtstrahlen ermöglichen. Diese Drusen aus oxalsaurem Kalk fehlen fast in keiner Zelle, während sie sonst im Blatte überhaupt nicht vorkommen. Die einzelnen Spitzen der Drusen sind besonders scharf. Kocht man ein Blattstückchen in Chloralhydrat, oder legt man es durch Alkohol und Xylol in Canadabalsam ein, so findet man, daß die Drusen sich über den einzelnen Gefäßbündeln besonders gut ausgebildet finden, sie verlaufen meistens in Reihen zu sechs bis zehn nebeneinander.

Sonst kommt Kalziumoxalat im Blatt nur in Form von Einzelkristallen als Begleiter der Gefäßbündel vor, doch auch nur in geringer Menge.

Plasma ist in den Palisadenzellen nur spärlich vorhanden; Schleim fehlt gänzlich.

---

[1]) Haberlandt, Physiol. Pflanzenanatomie. S. 237.

Das unter der Palisadenreihe liegende Parenchym unterscheidet sich vor allem durch die viel kleineren Chlorophyllkörner (Fig. 2, *b*). Sie befinden sich in wechselnder Anzahl in den Zellen, ihre Form unterscheidet sie gleichfalls sehr von denen der Palisadenzellen: denn während letztere höchstens ein wenig eiförmig sind, haben diese oft eine längliche, meistens linsenförmige Gestalt; sie sind von der Seite gesehen manchmal zwei- bis dreimal so lang wie breit. Die Färbung mit Safranin-Gentianaviolett hat ihnen dasselbe blaßrote Aussehen verliehen wie den Chloroplasten in der Palisadenreihe; auch in ihnen sieht man kleine Körnchen, die sich etwas dunkler rot gefärbt haben, auch zeigen sie deutlich erkennbare kleine Vakuolen.

Die Zellkerne unterscheiden sich, wie erwähnt, von denen der Palisadenreihe dadurch, daß sie oft eine etwas gestreckte Form annehmen.

Behandelt man einen aus frischem Material hergestellten Querschnitt mit Alkohol zur Entfernung der Luft und des Chlorophylls und fügt dann Jodlösung hinzu, so findet man, daß die Chloroplasten der Palisadenzellen so gut wie gar keine Stärkekörnchen, oder doch nur sehr kleine enthalten, alle Zellen des chlorophyllführenden Parenchyms jedoch mit ziemlich großer rundlicher Stärke versehen sind. Dies ist ein Zeichen, daß die Assimilationsprodukte der Palisadenreihe sehr schnell weiter geleitet werden, obgleich sie doch in bedeutend größerer Menge hier gebildet werden als im Schwammparenchym. Letzteres kommt als Assimilationsgewebe der Palisadenreihe gegenüber kaum in Betracht und zeigt doch fast ausschließlich die Assimilationsprodukte. Diese Tatsache steht in Einklang mit Haberlandt[1]): „Und umgekehrt kann bei sehr lebhafter Assimilation die Entstehung größerer Stärkeeinschlüsse vollkommen unterbleiben, sobald nur die Assimilationsprodukte sofort nach ihrer Entstehung abgeleitet werden. Dies ist z. B. sehr häufig bei den Chlorophyllkörnern der spezifischen Assimilationszellen (der Palisadenzellen) der Fall, während die Chlorophyllkörner des Schwammparenchyms, der Stengelrinde u. s. w. trotz geringerer Assimilationstätigkeit die erzeugten Stärkeeinschlüsse länger in sich aufspeichern.

Bei einem mittelgroßen Blatt ist die mehrschichtige Hypodermis bereits größtenteils entwickelt. Die Palisadenzellen haben dieselbe Form wie die gänzlich ausgewachsenen Blätter. Die vier Chloroplasten befinden sich bereits im unteren Teile der Zelle, während in der oberen Hälfte die Kalziumoxalatdruse schon entwickelt ist. Die Maße sind jedoch überall etwas kleiner wie beim voll entwickelten Blatte. Der eigenartige Assimilationsapparat ist also bereits vollkommen fertiggestellt.

Die Chlorophyllkörner des Schwammparenchyms scheinen schon vollkommen entwickelt zu sein, auch hinsichtlich ihrer Größe.

Auch bei einem noch sehr kleinen Blatte von ungefähr 4 mm Breite und 1 cm Länge ist der Chlorophyllapparat schon

[1]) Phys. Pflanzenanatomie. 1904. S. 239.

fertig angelegt, z. T. sind die Kristalldrusen auch schon gebildet. Die Chloroplasten sind bereits am Grunde der Palisadenzellen gelagert und zeigen gegen die andern Chlorophyllkörner bedeutende Größenunterschiede.

In diesem Stadium findet eine rege Vermehrung der Palisadenzellen statt. Hand in Hand damit geht die Teilung der Chloroplasten. Diese verläuft in zweierlei Weise: Entweder überwiegt die Schnelligkeit der Zellvermehrung oder die der Teilung der Chloroplasten; daher finden wir denn sowohl ziemlich kleine Zellen mit z. T. zwei großen Chloroplasten (Fig. 4, *e*) als auch große, breite Palisadenzellen mit meistens acht kleineren Chloroplasten (Fig. 4, *b*). Natürlich finden wir auch bei den ersteren, je nach dem Fortschritt der Teilung, drei und vier Chloroplasten (Fig 4, *c, d*) und bei den letzteren außerdem wohl vier, fünf, sechs und sieben Chloroplasten. Diese beiden Arten der Vermehrung der Chlorophyllkörner im bestimmten Verhalten zur Zelle finden sich jedoch bei derselben Pflanze vor.

Die Drusen sind noch sehr klein, sie bestehen meistens nur aus wenigen Kriställchen, auch in den Zellen, in denen sich die Anzahl der Chloroplasten bis auf acht vermehrt hat, tritt nie mehr wie eine Druse auf.

Wenden wir uns nunmehr zur Untersuchung eines sehr jungen Stadiums. Die Blätter besaßen nur eine Breite von 1,5 mm; sie waren noch mit den Oberseiten aneinander gelegt, so daß sie für die Assimilation so gut wie gar nicht in Betracht kamen. Die Länge des Blattes betrug ungefähr 3 mm. In diesem Zustande war die Epidermis noch nicht zur Bildung der Hypodermis übergegangen. An der Epidermis befanden sich reichlich kleine Drüsenhaare; diese Haare waren ungestielt, jedoch konnte man beobachten, daß eine stielartige Zelle durch die Epidermis zur Palisadenreihe führt. Unter der einschichtigen Epidermis befindet sich die Anlage der Palisadenzellen. Schon in diesem frühen Zustande bemerkt man eine tiefgrüne Färbung dieser Schicht, die sich vom Parenchym scharf abhebt. Die Chloroplasten befinden sich z. T. schon in Vierzahl in diesen Zellen. Sie sind jedoch noch sehr klein und zeigen häufig eine Einschnürung in der Mitte. — Es erhellt hieraus gleichzeitig, daß wir es mit richtigen Chloroplasten zu tun haben, denn die einzelligen Algen weisen ein derartiges nachträgliches Wachstum nicht auf. Im übrigen stellt die vergleichende Anatomie der Gattung *Peperomia* diese Tatsache weiterhin sicher. — Die Lagerung der Chloroplasten ist noch ohne bestimmte Anordnung, die Drusen fehlen selbstverständlich. Die Zellen weisen auch noch nicht ihre eigentümliche trichterartige Form auf; sie sind jedoch schon etwas höher wie breit und besitzen ungefähr den vierten Teil der Längen- und Breitemaße der angewachsenen Zelle.

Es erhellt hieraus, daß der Beleuchtungsapparat noch nicht ausgebildet ist. Die Lagerung der Chloroplasten, die doch auf Lichtreize zurückzuführen ist, kann natürlich in der zu erwartenden Weise noch nicht durchgeführt sein, da das Licht, wegen des

Aneinanderneigens der Oberfläche von der Mittelrippe aus, nur von unten her eindringen kann.

Wir sehen also in den Palisadenzellen von *Peperomia metallica* eigenartige Anpassungen, die geeignet sind, kleine Spuren Licht der Assimilationstätigkeit noch voll dienstbar zu machen. Wie sehr die Palisadenzellen darauf eingerichtet sind, jede Spur Licht für sich nutzbar zu machen, zeigt ein Querschnitt durch das entwickelte Blatt. Man erkennt sofort, daß die Zellen des Schwammparenchyms für eine erfolgreiche Assimilationstätigkeit kaum noch inbetracht kommen. Zudem ist das Schwammparenchym zum größten Teile mit intensiv rotem Zellsaft erfüllt, sodaß fast jede Spur Licht absorbiert wird.

2. **Peperomia Saundersii** D. C.

Ähnliche Verhältnisse wie bei *Peperomia metallica* treffen wir bei *Peperomia Saundersii*. Die Epidermis ist ebenso gebaut und enthält gleichfalls dieselben Drüsenhaare mit den Wassergewebszellen, sodaß wir hier wahrscheinlich auch von Lichtperzeptionsapparaten im Sinne Haberlandt's sprechen können.

Die auf die mehrschichtige Hypodermis des ausgewachsenen Blattes folgende Palisadenreihe ist auch hier nur eine Zellreihe hoch; die Zellen sind gleichfalls trichterförmig, aber bedeutend kleiner wie bei der erstgenannten Art. Auch ist die Trichterform der einzelnen Zellen bei weitem nicht so charakteristisch ausgebildet, was schon durch die enge Lagerung der Zellen nebeneinander verhindert wird.

An der Basis einer Hypodermiszelle liegen im Querschnitt sechs bis zehn (bei *Peperomia metallica* nur zwei bis vier) Palisadenzellen.

Bemerkenswert ist an der Hypodermis, daß die an die Palisadenschicht anstoßenden Zellen eine konvexe untere Fläche haben; durch diese Einrichtung wird eine Vergrößeruug der lichtspendenden Oberfläche bewirkt.

Haberlandt ist der Ansicht, daß diese Ausbuchtungen den Wassergewebszellen die Fähigkeit verleihen, als Lichtsinnesorgane zu dienen: „Endlich[1]) sind auch die innersten Wassergewebszellen gegen das Assimilationsgewebe vorgewölbt, also gleichfalls zur Lichtperzeption geeignet".

Es sei hier gleich darauf aufmerksam gemacht, daß diese Ausbuchtungen der Hypodermiszellen bei den im folgenden beschriebenen *Peperomien* in mehr oder minder ausgeprägter Weise stets vorkommen.

Die Palisadenzellen schließen sich interzellularraumfrei an die Basis der Hypodermiszellen an, und da sie natürlich der gewölbten Fläche folgen, so zeigen sie im Querschnitt eine wellenförmige Anordnung.

---

[1]) Haberlandt, Die Lichtsinnesorgane etc. S. 117.

Die Palisadenzellen sind äußerst dicht gelagert und bei einem vollkommen entwickelten Blatte höchstens von der Größe wie die eines mittleren Blattes der *Peperomia metallica*. Sie zeichnen sich durch intensives Chlorophyll aus; doch waren die Chloroplasten durchaus nicht größer, als die des Schwammparenchyms, sie kamen auch nie in Vierzahl vor, sehr häufig ließ sich jedoch für jede Zelle die Anzahl der Chloroplasten auf acht feststellen. Sie liegen, genau wie bei *Peperomia metallica*, am Grunde bez. in der unteren Hälfte der trichterförmigen Palisadenzellen. Auch die Kalziumoxalatdrusen fehlten nicht. Zum Unterschiede von denen der *Peperomia metallica* waren sie bedeutend kleiner, entsprechend der überhaupt kleineren Zelle, sie waren in jeder Zelle vorhanden, während sie bei *Peperomia metallica*, wie erwähnt, nur in ungefähr der Hälfte aller Zellen vorkommen.

Die Oberflächenansicht, die in derselben Weise, wie bei *Peperomia metallica* erwähnt, präpariert wurde, zeigte einerseits die Verteilung der Kristalldrusen, andererseits ließ sie auch die konkaven Ausbuchtungen, denen die Palisadenzellen anliegen, gut erkennen.

Die Zellen des Schwammparenchyms enthielten auch bedeutend mehr Chlorophyll, als bei der erstgenannten Art, sodaß die Differenz der Assimilationstätigkeit nicht so groß zu sein scheint wie bei ersterer.

Die Entwicklungsgeschichte verläuft ähnlich wie bei *Peperomia metallica*. In einem der Figur V analogen Zustande sieht man ziemlich dasselbe Bild, nur fällt es auf, daß das Chlorophyll der Palisadenschicht sich so gut wie gar nicht von dem des Schwammparenchyms abhebt. Der Unterschied zwischen der Anlage der Palisadenschicht und des Schwammparenchyms charakterisiert sich nur durch die gestreckte Form der ersteren und die Interzellularräume der letzteren.

Bei der weiteren Entwicklung des Blattes bildet sich allmählich die Trichterform der Palisadenzellen hieraus; zugleich wandern die Chloroplasten in den unteren Teil der Zelle, während im oberen Teile die Kristalldruse erscheint.

3. **Peperomia cordifolia** D. C.

Bei *Peperomia cordifolia* finden sich in der Epidermis der Blattoberseite Ölzellen, die meistens in einer kleinen Einsenkung liegen. Unter dieser Sekretzelle liegt eine, selten zwei zugehörige Hypodermiszellen, deren untere Wand (wenn zwei derartige Hypodermiszellen vorhanden sind, jedoch nur die Wand der untersten) linsenförmig ausgebuchtet ist. Die Zelle ist meist $1^1/_2$ bis $2^1/_2$ mal so hoch wie breit.

Das Schwammparenchym ist verhältnismäßig stark ausgebildet, es ist im Querschnitt ungefähr doppelt so groß wie die Hypodermis. Die Basis der unteren Hypodermiszellen ist gewölbt, sodaß die ihr anliegenden Palisadenzellen im Querschnitt ebenfalls die wellenförmige Anordnung zeigen, wie es schon für *Peperomia*

Saundersii erwähnt wurde. Die Palisadenzellen haben gleichfalls trichterförmige Gestalt; sie liegen zu 6—10 auf dem Querschnitt an einer Hypodermiszelle. Jede Palisadenzelle enthält eine Kalziumoxalatdruse von mittlerer Größe. Die Chloroplasten unterscheiden sich durch ihre Größe kaum von denen des Schwammparenchyms.

Die Unterseite des Blattes ist mit zahlreichen dünnwandigen Haaren besetzt. Die Haare bestehen aus 6—10 Zellen von ziemlich gleichem Durchmesser. Die Basalzelle ist nicht über die Epidermis vorgewölbt.

Außerdem finden sich an der Blattunterseite zahlreiche Drüsenköpfchen, die in die Epidermis eingesenkt sind; sie sind denen der Blattunterseite von *Peperomia metallica* und *Saundersii* gleich.

4. **Peperomia resedaeflora** Lind. et Andr.

Sowohl die Blattoberseite wie die Unterseite von *Peperomia resedaeflora* ist mit zahlreichen einzelligen und dickwandigen Haaren versehen. Diese Haare sitzen in der Mitte auf einer Basalzelle, die ziemlich vorgewölbt ist; diese Basalzelle wird von Haberlandt als Lichtsinnesorgan angesprochen. Die Seitenwände dieser Zelle sind einwärts gerichtet, die Innenwand ist nicht vorgewölbt. Unter den Basalzellen der Blattoberseite befindet sich nun entweder eine Ölzelle oder eine etwas höhere Wassergewebezelle. „Die[1]) Zweizelligkeit dieses Lichtperzeptionsorgans (die Haarzelle kommt nicht inbetracht) und die dadurch bedingte nicht unbeträchtliche Höhe desselben hängt augenscheinlich mit dem Umstand zusammen, daß die obere als Sammellinse fungierende Zelle keine stark vorgewölbte Außenwand besitzt, infolgedessen ihr Brennpunkt tief unten im Wassergewebe liegt."

Hypodermis und Schwammparenchym zeigen im Querschnitt ungefähr dieselbe Dicke. Die Palisadenzellen sind ebenfalls auf dem Querschnitt wellenförmig der Basis der unteren Hypodermiszellen angereiht und zwar meist zu 5—8 Stück an einer Hypodermiszelle. Die Palisadenzellen haben ebenfalls die trichterförmige Gestalt, wie sie für die anderen *Peperomien* im vorhergehenden beschrieben wurde. Jede dieser Zellen enthält eine verhältnismäßig große Kalziumoxalatdruse. Die Chloroplasten besitzen keine besonders auffallende Größe; sie sind in unbestimmter Zahl in jeder Zelle vorhanden. Meistens sind sie so zahlreich, daß sie beinahe die ganze Palisadenzelle ausfüllen, sodaß nur ein kleiner Teil, etwa das obere Drittel, frei bleibt, in diesem Teile liegt dann auch die Kristalldruse.

5. **Peperomia rubella** Hook.

Auch die Epidermis des Blattes der *Peperomia rubella* ist für Lichtwirkungen eingerichtet. Sowohl die Oberseite wie die Unter-

[1]) Haberlandt, Die Lichtsinnesorgane etc. S. 115.

seite des Blattes ist mit zahlreichen Haaren versehen, die sich durch eine große Basalzelle mit halbkreisförmiger Vorwölbung auszeichnen; auf der Mitte dieser Zelle setzt sich das dünnwandige teils einzellig kegelförmige, teils mehrzellige Haar an. Die Basalzelle ist an der Oberseite des Blattes häufig tangential in zwei Zellen geteilt.

Die Hypodermis ist im Verhältnis zum Schwammparenchym sehr stark entwickelt, sie zeigt ungefähr die doppelte Dicke des letzteren. Die Palisadenzellen haben ebenfalls wieder die beschriebene ei- bez. trichterförmige Gestalt und sind der Basis einer jeden Hypodermiszelle zu je 5—10 (auf dem Querschnitt) wellenförmig angelagert.

Alle Palisadenzellen enthalten in der oberen chlorophyllfreien Hälfte eine Kalziumoxalatdruse. Die untere Hälfte ist mit den Chloroplasten erfüllt, die anscheinend in wechselnder, nicht bestimmter Anzahl vorkommen. Die Größe der Chloroplasten ist nicht besonders auffallend.

6. **Peperomia arifolia** Mig.

Auch *Peperomia arifolia* besitzt in der Epidermis der Oberseite ein Organ, das zur Lichtperzeption bestimmt scheint. Jede Epidermiszelle der Blattoberseite ist nach außen halbkugelig vorgewölbt, während die Epidermiszellen der Blattunterseite nur ein klein wenig nach außen ausgebuchtet sind.

Die Blattoberseite ist meistens mit Algen zahlreich besiedelt, da sich in den Tälern zwischen den halbkugelförmigen Zellen fast stets Wasser ansammelt. Die vorgewölbten Flächen der Epidermiszellen sind jedoch nicht von den Algen besiedelt (es kommen vor allem einzellige kleine ovale Algen von der Größe der Chlorophyllkörner vor), sodaß dem Lichteffekt nicht Abbruch getan wird.

Beide Blattseiten sind vollständig unbehaart.

Die Hypodermis ist etwa anderthalbmal so dick wie das Schwammparenchym. Die Palisadenzellen sind gleichfalls trichterförmig und liegen der Basis der Hypodermiszellen in Wellenlinien an, jedoch zeigen diese Wellen nur eine geringe Ausbuchtung. Die Palisadenzellen enthalten stets eine Kalziumoxalatdruse und im unteren Teile die Chloroplasten; ihre Zahl beträgt ungefähr 12 für jede Palisadenzelle. Außerdem enthält die große Mehrzahl dieser Zellen einen oder mehrere prismatische oder tafelförmige Kristalle, die jedoch nicht aus Kalziumoxalat bestehen.

Wir finden also als übereinstimmende Merkmale, soweit diese auf Lichtwirkungen sich beziehen, bei den aufgezählten *Peperomien* teils Ozellen im Sinne Haberlandts, nämlich bei

Peperomia metallica: Drüsenhaare mit zugehörigen Wassergewebszellen. (Beziehungsweise auch die von Haberlandt angegebenen Bildungen der Epidermis);

Peperomia Saundersii: Drüsenhaare wie bei *Peperomia metallica*;
Peperomia cordifolia: Sekretführende Epidermiszellen mit zugehörigen Hypodermiszellen;
Peperomia resedaeflora: Basalzelle der einzelligen Haare mit den zugehörigen Hypodermiszellen;
Peperomia rubella: Basalzelle der ein- und mehrzelligen Haare oft mit darunter liegender Hypodermiszelle, wie bei *Peperomia resedaeflora*;
Peperomia arifolia: Papillöse Epidermis;

teils finden wir Lichtkondensoren und zwar bei allen genannten *Peperomien* in prinzipiell gleicher Zusammenstellung und Wirkung, nämlich:

1) durch die Trichterform der Palisadenzellen wird das Licht auch bei seitlichem Einfall auf die am Grunde des Trichters gelagerten Chloroplasten reflektiert;

2) wirkt die obere konvexe Wand der Palisadenzelle als Linse;

3) bewirkt die Kristalldruse, daß die durch den linsenförmigen oberen Teil der Zelle konzentrierten Lichtstrahlen auf alle Chloroplasten gleichmäßig dispersiert werden.

Es ist jedoch noch eine offene Frage, ob die Einrichtung der trichterförmigen Assimilationszellen eben nur als Lichtkondensor der Assimilation zu gute kommt, oder ob nicht auch die Palisadenzellen als „Ozellen“ dienen. Für einige *Selaginellen*[1]), die gleichfalls diese trichterförmigen Assimilationszellen besitzen, indem sich die Epidermiszellen dazu umgewandelt haben, nimmt Haberlandt dies auch an. Alle Verhältnisse von S. Martinii z. B. treffen auch für die *Peperomien* zu, am auffallendsten für *Peperomia metallica*. Dienen wirklich die Trichterzellen bei einigen *Selaginellen* zur Lichtperzeption, so liegt nichts im Wege, diese Eigenschaft auch den gleichartigen Assimilationszellen der *Peperomien* beizulegen. Vielleicht ist die Einrichtung der Palisadenzellen zu beiden Zwecken vorhanden, wie Haberlandt für *Schistostega* auch annimmt (S. 103).

Dient die eigenartige Ausbildung der Trichterzellen der *Peperomien* jedoch nur als Lichtkondensor, so muß als höchst wahrscheinlich angenommen werden, daß bei anderer Beleuchtungsrichtung, z. B. von der Blattunterseite, sich die Lage der Chloroplasten und der Kristaldrusen ändern würde. Wirkt die Einrichtung aber als Lichtperzeptionsapparat, wenn auch nur zum Teil, so muß die Anordnung in den Assimilationszellen stets dieselbe bleiben.

Zum Versuch wurden die Blätter von *Peperomia metallica* und *Peperomia Saundersii* abgeschnitten und in feuchten Petri-Schalen auf mattes schwarzes Papier gestellt und zwar mit der Blattoberseite nach unten. Die Schalen wurden dem diffusen Tageslicht ausgesetzt, jeden Abend wurden Blattquerschnitte hergestellt.

Die Lage der Chloroplasten in dem unteren Teile der trichterförmigen Palisadenzelle blieb jedoch erhalten, ebenso blieb die

---

[1]) Haberlandt, Die Lichtsinnesorgane etc. S. 103.

Kristalldruse an ihrem Platze oberhalb der Chloroplasten. Das Schwammparenchym ließ ebenfalls keine Änderung erkennen, nur die Spaltöffnungen der Blattunterseite wurden lebhaft grün.

Hieraus ergibt sich nach der im vorhergehenden angestellten Überlegung, daß die Eigenart der Palisadenzellen nicht nur auf eine bessere Lichtausnutzung abgestimmt ist.

Endlich scheint es einer gewissen Bedeutung nicht zu entbehren, daß bei *Peperomia metallica*, bei der die Palisadenzellen gewissermaßen als Typus ausgebildet sind, die Drusen nur über den Nerven auftreten. Denn nehmen wir nunmehr an, daß die Trichterzellen in ihrer vollkommenen Ausbildung mit den Kristalldrusen zumteil auch als Ozellen fungieren, so müssen wir nach unsern bisherigen Kenntnissen annehmen, daß die Reizleitung etwa durch bestimmte Elemente der Gefäßbündel vermittelt wird, oder wenigstens die Reizleitung in den prosenchymatischen Zellen der Gefäßbündel besser und schneller von statten geht.

Die Gefäßbündel bei *Peperomia metallica* sind nicht besonders kräftig ausgebildet; auf der Ober- und Unterseite werden sie durch ein bis zwei Zellschichten schwachen Kollenchyms geschützt. Die obere Kollenchymlage, die sich durch etwas größere Zellen auszeichnet, grenzt unmittelbar an die mit Kristalldrusen versehenen Palisadenzellen.

Endlich läßt sich aus der Verteilung des Kalziumoxalats noch schließen, daß den Kristalldrusen eine wesentliche Bedeutung als Bestandteil des Lichtperzeptionsapparates der *Peperomien* zukommt.

Erklärung der Tafeln.

Fig. 1. Schräger Querschnitt durch das Blatt von *Peperomia metallica*. Photogramm 250 : 1.

„ 2. *a* Querschnitt durch die Palisaden eines voll entwickelten Blattes; *b* Chlorophyllkörner desselben Blattes aus dem Schwammparenchym. Beide nach frischem ungefärbtem Material. Vergr. 500 : 1.

„ 3. *a* Querschnitt durch die Palisaden eines mittelgroßen Blattes; *b* Chlorophyllkörner desselben Blattes aus dem Schwammparenchym. Beide Abbildungen nach frischem, ungefärbtem Material. Vergr. 500 : 1.

„ 4. Aus einem Blatt von 4 mm Breite und 1 cm Länge. *a* Chlorophyllkörner des Schwammparenchyms, *b* und *c* Palisadenzellen im Querschnitt, *d* und *e* Palisadenzellen in der Oberflächenansicht. Vergr. 500 : 1.

„ 5. Querschnitt durch die Palisadenzellen eines sehr jungen Blattes, frisches Material, ungefärbt. Vergrößerung 500 : 1.

„ 6. Querschnitt durch die Randpartie eines entwickelten Blattes von *Peperomia metallica*. Photogramm. *a* Drüsenhaar; *b* Palisadenzellen; *c* Kristalldrusen; *d* Gefäßbündel; *e* Chloroplasten. Vergr. 100 : 1.

„ 7. Querschnitt durch die Palisadenzellen eines voll entwickelten Blattes von *Peperomia Saundersii*, gefärbt mit Säurefuchsin. *a* Hypodermiszelle; *b* Palisadenzellen; *c* Schwammparenchym. Vergr. 500 : 1.

„ 8. *Peperomia cordifola*. Palisadenzellen. Mikrotomschnitt, gefärbt mit Säurefuchsin. Vergr. 500 : 1.

Fig. 9. Querschnitt durch die Palisadenzellen von *Peperomia resedaeflora*. *a* Hypodermiszelle; *b* Palisadenzellen; *c* Schwammparenchym. Vergr. 500:1.

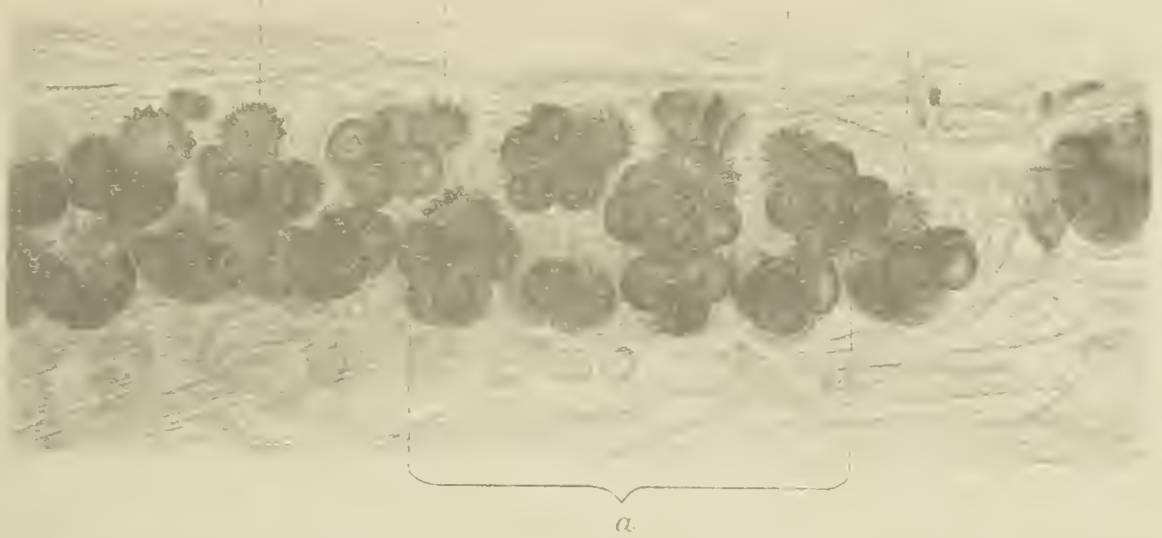
„ 10. *Peperomia rubella*. Haare der Blattoberseite. Vergr. 250:1.

„ 11. *Peperomia rubella*. Palisadenzellen nach einem Mikrotomschnitt mit Säurefuchsin gefärbt. Vergr. 500:1.

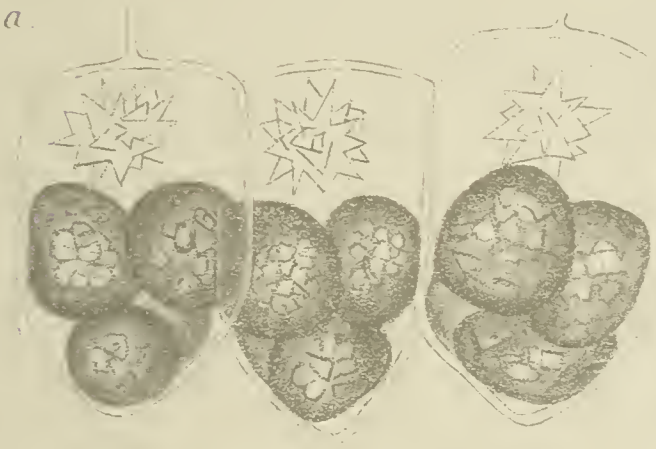
„ 12. *Peperomia arifolia*. Palisadenartig vorgewölbte Epidermiszellen der Blattoberseite (die Epidermiszellen der Unterseite des Blattes sind ungefähr doppelt so lang wie hoch und nur wenig vorgewölbt, vergleiche übrigens Taf. I, Fig. 5 bei Haberlandt: die Lichtsinnesorgane etc.). Vergr. 500:1.

„ 13. *Peperomia arifolia*. Palisadenzellen. Mikrotomschnitt, mit Säurefuchsin gefärbt. Vergr. 500:1.

1.



2a.



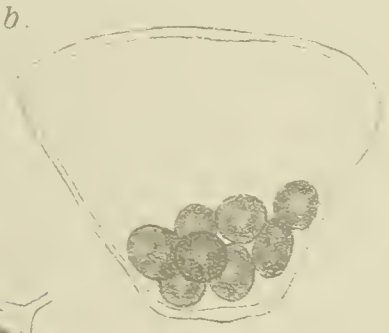
3a.

2b.

3b.

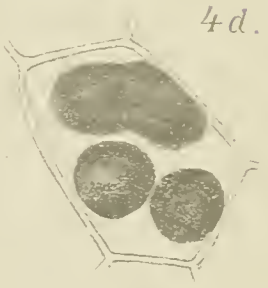
4a.

4b.

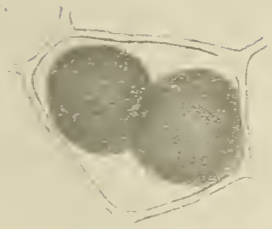


4c.

4d.

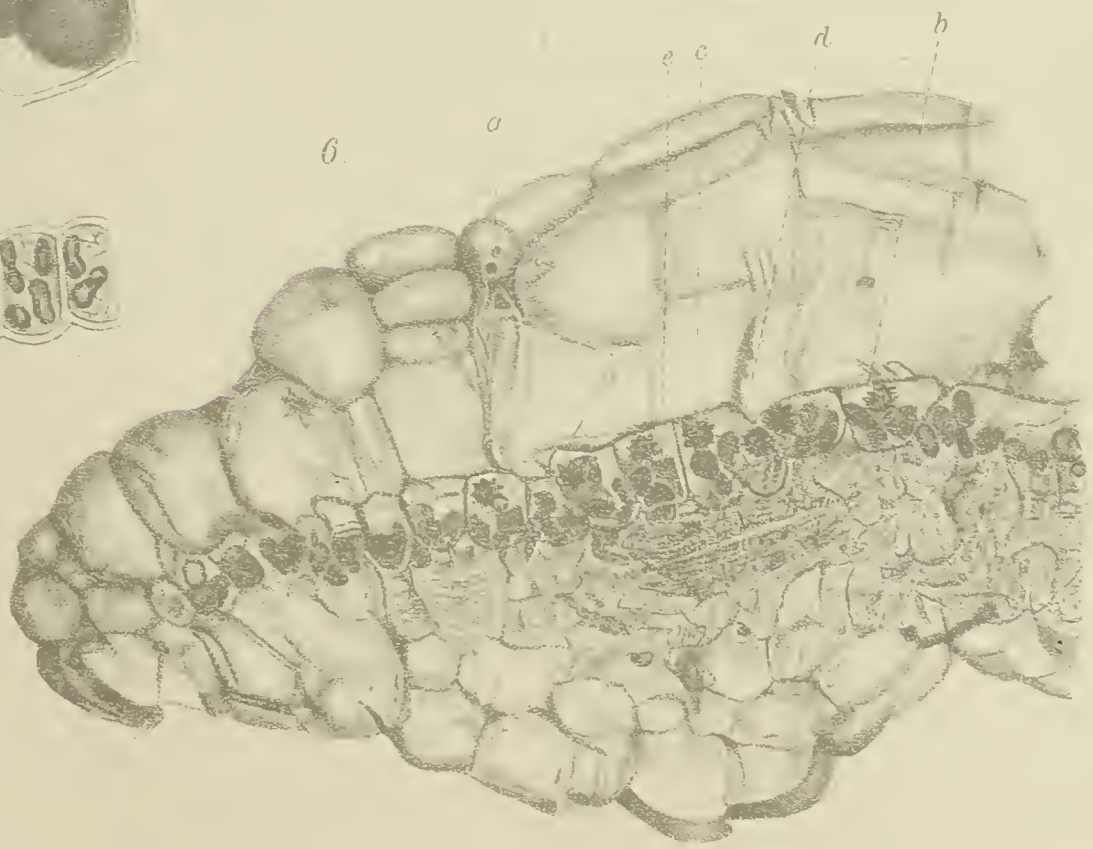


4e.



5.

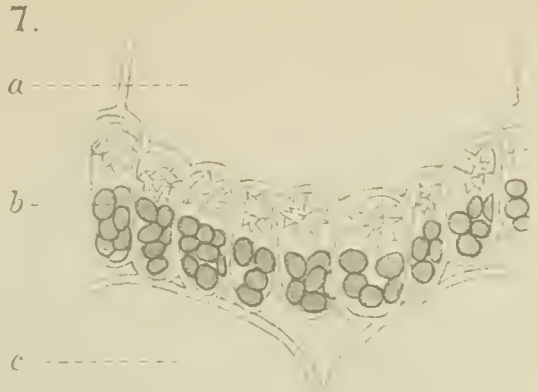
6.



P. Schürhoff gez. Verlag von C. Heinrich in Dresden-N Lith. Anst. v. Johannes Arndt, Jena.

BRITISH MUSEUM
B D
NATURAL HISTORY

7.

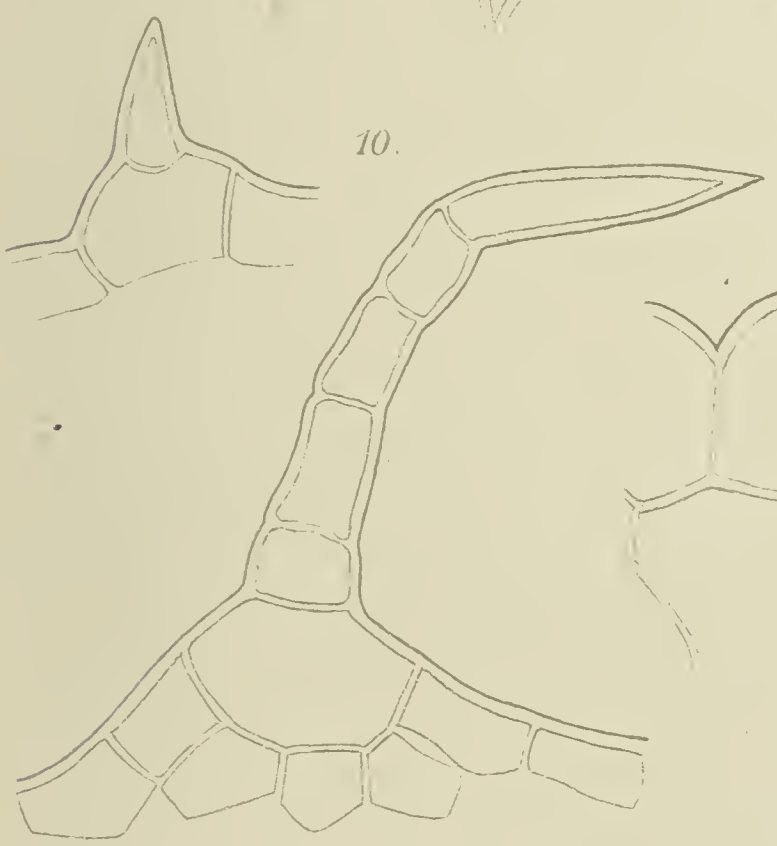


8.

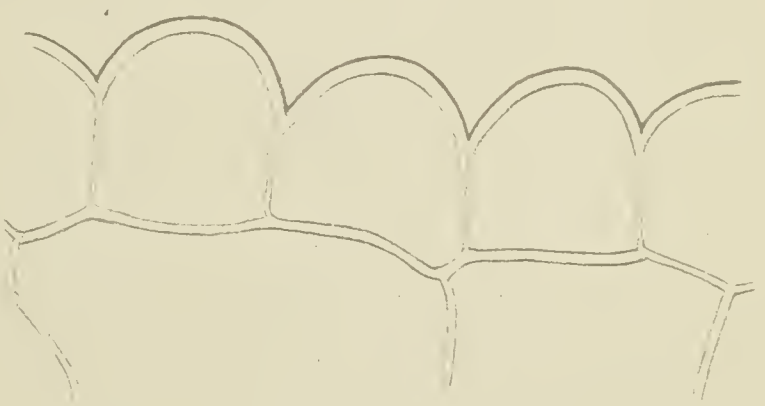
9.

11.

10.



12.



13.

P. Schürhoff gez. Verlag von C. Heinrich in Dresden-N. Lith. Anst. v. Johannes Arndt, Jena.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Botanisches Centralblatt

Jahr/Year: 1908

Band/Volume: BH_23_1

Autor(en)/Author(s): Schürhoff Paul Norbert

Artikel/Article: Ozellen und Lichtkondensoren bei einigen Peperomien. 14-26