

LITERATUR-VERWEISE.

- (1) WIELER, Die Beeinflussung des Wachsens durch verminderte Partialpressung des Sauerstoffs, in PFEFFER, Unters. Bot. Inst. Tübingen I, p. 189 - 192 und die dort angegebene Literatur. - (2) DÖBEREINER, Experiences sur la germination dans l'air condensé ou rarifié, in GILBERTS Annalen LXXII (1822). - (3) BERT, La pression barometrique, Recherches de physiologie expérimentale. Paris 1878. - (4) BERT, l.c. p. 583 ff. - (5) WIELER, l.c. p. 194. - (6) WIELER, l.c. p. 206 ff. - (7) WIELER, l.c. p. 225. - (8) WUND, Feststellung der Kardinalpunkte der Sauerstoff-Konzentration für Sporenkeimung und Sporenbildung etc. Diss. Marburg 1906. - (9) JENTYS, Über den Einfluss hoher Sauerstoffpressungen auf das Wachsthum der Pflanzen, in Unters. Bot. Inst. Tübingen 1886-88, II, p. 455 - 456. - (10) JACCARD, Influence de la pression des gaz sur le developpement des végétaux in Rev. Gen. de Bot. I (1893). - (11) JACCARD, l.c. p. 290. - (12) JACCARD, l.c. p. 291. - (13) JACCARD, l.c. p. 354. - (14) JENTYS, l.c. p. 455. - (15) JACCARD, l.c. p. 383. - (16) WIELER, l.c. p. 214 ff. - (17) JACCARD, l.c. p. 298. - (18) WIELER, l.c. p. 203 und 215. - (19) LUNDEGARDH in COHNs Beitr. 1912. - (20) G. KARSTEN, Über embryonales Wachstum und seine Tagesperiode in Zeitschr. f. Bot. 1915, p. 6. - (21) WIELER, l.c. p. 226. - (22) STICH, die Atmung der Pflanzen bei verminderter Sauerstoffpressung und bei Verletzungen, in Flora 1891. - (23) WIELER, l.c. p. 225. - (24) PFEFFER, Pflanzenphysiologie, 2. ed. p. 167. - (25) WIELER, l.c. p. 220 - 223. - (26) SCHENK und GÜRBER, Physiologie des Menschen (1917) p. 51. - (27) JOST, Pflanzenphysiologie, 3. ed. (1913) p. 252.

Beiträge zur Anatomie und Physiologie des Blattes auf Grund volumetrischer Messungen.

Von HERMANN BUDDE (Kiel).

I. EINLEITUNG.

Bei den nicht gerade zahlreichen Versuchen, die Grösse und die Grössenverhältnisse von Zellen und Zellbestandteilen zu bestimmen, beschränkte man sich meistens auf die am ebenen Schnittbild des Mikroskopes messbaren Flächen- und linearen Dimensionen. Da es sich aber um die Messung von Körpern handelt, wenn auch von solchen kleinster Ausdehnung, so sollten stets die räumlichen Masse bestimmt und berechnet werden. Flächen- und lineare Messungen werden häufig zu Fehlschlüssen führen, denn gleichen Flächen im Gesichtsfelde des Mikroskopes können Körper von sehr verschiedenen Volumina entsprechen. Ein Beispiel mag dies erläutern: Man denke sich nebeneinander Kugel, runde Scheibe, Rotationsellipsoid und Zylinder. Alle erscheinen uns als Kreisfläche, wenn die Ebene der runden Scheibe senkrecht zur Richtung der Sehstrahlen steht, und wenn die Axe des Rotationsellipsoides u. des Zylinders mit der Richtung der Sehstrahlen zusammenfällt. Sind nun die Kreisflächen inhaltsgleich, so ist man bei alleiniger Berücksichtigung des ebenen Bildes versucht, diesen verschiedenen Körpern ein gleiches Volumen zuzusprechen. So führt Unkenntnis der Tiefendimensionen zu Fehlschlüssen. Auf wirkliche Verhältnisse übergehend, sei an dem bekannten Bilde des Bonner Lehrbuches gezeigt, wie sich Volumen-, Flächen- und lineare Bestimmung unterscheiden (vergl. Tabellen 1 und 2 auf der folgenden Seite).

Tabelle 1.

Bonner Lehrbuch 13. ed., Seite 9, Bild 2. Embryonale Zelle aus der Wurzelspitze des Hafers. - Die Zelle darf als würfelförmig angenommen werden. Kern und Kernkörperchen sind Kugeln.

	Kernkörperchen	Kern	Zelle	Verhältnis
a. eine Dimension gemessen	3,5 mm	12 mm	22 mm	1 : 3,4 : 6,3
b. zwei Dimensionen gemessen	9,6 mm ²	113 mm ²	484 mm ²	1 : 11,7 : 50,4
c. Volumenbestimmung	22,4 mm ³	925 mm ³	10648 mm ³	1 : 41,2 : 475

Tabelle 2.

Bild 3 B. Ausgewachsene Zelle. Kern ein Rotationsellipsoid. Die Tiefendimension der Zelle als 24 mm angenommen.

	Kernkörperchen	Kern	Zelle	Verhältnis
a. eine Dimension gemessen	2 mm	5 mm	24 mm	1 : 2,5 : 12
b. zwei Dimensionen gemessen (Flächenbestimmung).	3,14 mm ²	55 mm ²	1752 mm ²	1 : 17,5 : 557
c. Volumenbestimmung	4,18 mm ³	513 mm ³	42048 mm ³	1 : 122 : 10059

Ergänzend zu c seien noch die Volumina von Zellmembran, Cytoplasma und Saft-
raum berechnet. Es ergeben sich folgende Werte: Membranvolumen = 2790 mm³. Vom
Zellvolumen (42048 mm³) entfällt also rund 6% auf das Membranvolumen und damit
94% auf das Zellvolumen ohne Membran. Innerhalb dieses letzteren besteht die nach-
stehende Verteilung: Kernvolumen (513 mm³) = 1,3%, Cytoplasmavolumen (9390 mm³)
= 23,9%, Saft Raumvolumen (29355 mm³) = 74,8%.

Alle Zahlen der beiden Tabellen zeigen mit grosser Deutlichkeit, dass Fehler
oder wenigstens Ungenauigkeiten entstehen müssen, wenn aus Flächen- und linearen
Messungen, die am mikroskopischen Bilde vorgenommen wurden, Schlüsse gezogen wer-
den, die Kenntnis der Volumina verlangen. Von den ergänzend zu c berechneten Vo-
lumina vermögen uns das mikroskopische Schnittbild und eine einfache Messung auch
nicht einmal eine annähernde Vorstellung zu geben.

Welches sind Wert und Zweck derartiger Messungen? Sie werden angestellt und
sind angestellt worden, um Aufschlüsse zu geben über quantitative Verhältnisse
fester Zustände oder über die Ausmasse eintretender Veränderungen. Die gewonne-
nen Resultate sollen alsdann zur Klärung wichtiger biologischer Probleme beitra-
gen. Besonders ist die Zelle mit ihren Bestandteilen Gegenstand der Messungen ge-
wesen. Recht mannigfaltig sind die Beziehungen, die untersucht worden sind: z.B.
die Wirkungssphäre des Kernes (STRASBURGER, 33), der Einfluss der Plasmamasse auf
die Membranbildung (HABERLANDT, 11), die spez. Grösse der Chromatophoren in ihrer
Abhängigkeit von der Chromosomenzahl (WINKLER, 36), Zellgrösse und Organgrösse
(SACHS, 26; DRIESCH, 5), die Abhängigkeit der Kerngrösse und Zellenzahl von der
Chromosomenzahl (BOVERI, 4), die Grösse der Zellkerne in ihrer Beziehung zur Sy-
stematik (KLIENEGER, 16). - In diesen Arbeiten sind Teile, Organe, der Zelle
gemessen worden, besteht doch das Lebensgetriebe der Zelle in der Wechselbezie-
hung dieser sichtbaren Organe. Wahrscheinlich kommen zu diesen sichtbaren Orga-
nen noch solche hinzu, die wegen zu geringer Grösse oder wegen des der Umgebung
gleichen Lichtbrechungsvermögens unsichtbar sind. Wenngleich man die Bedeutung

eines Organes nicht von seiner Grösse abhängt, so wird doch ein restloses Verständnis des Organismus, d.i. hier die Zelle und ihre Bestandteile, Kenntnis der Volumverhältnisse und der den Stoffaustausch vermittelnden Oberflächen verlangen. Ich will durch ein Beispiel andeuten, welchen Wert derartige Messungen für Stoffwechseluntersuchungen besitzen können. Beim Welken schwindet die Stärke aus den Chloroplasten abgeschnittener Blätter und der Rohrzuckergehalt steigt (HORN in MEZ, Archiv III (1923) p. 137 - 173). Man wird sich die Frage vorlegen, an welcher Stelle oder in welchem Organ der Zelle sich dieser Rohrzucker befindet - im Saftraum, im Plasma, in den Chromatophoren? Zwar werden die hierbei sich abspielenden Volumveränderungen der Zellorgane recht gering sein, und es ist wohl kaum möglich, bei unsern heutigen Massmethoden eine genau bestimmte Antwort zu geben, aber nach einer Richtung lassen sich die Folgerungen ausmalen, wenn man bei Kenntnis der Volumina der einzelnen Zellorgane sagen kann, wie die Konzentration bei dieser oder jener Alternative sich gestalten müsste.

Kurz, räumliche Messungen erscheinen notwendig. Freilich sind Volumenmessungen recht schwierig, denn die Objekte können vielfach nur mit den feinsten mikroskopischen Messwerkzeugen bestimmt werden. An der Grenze unserer Hilfsmittel angelangt, treten unvermeidliche subjektive Beobachtungs- und Messungsfehler auf, und die erwünschte Genauigkeit ist häufig nicht mehr zu erzielen. Besonders schwierig gestaltet sich das Messen der Tiefendimensionen. Letzteres ist daher wohl auch der Grund, weshalb die verschiedensten Autoren durchweg ihre Messungen nur in einer oder in zwei Dimensionen ausgeführt haben. Bevor einige dieser Arbeiten besprochen werden, möchte ich noch hervorheben, dass im Gebrauch der Begriffe Grösse, Durchmesser, Volumen und Inhalt grösste Unklarheiten bestehen. Diese Begriffe werden nicht scharf genug voneinander unterschieden. Man spricht von Grösse oder Inhalt und mass nur die Durchmesser. Anderswo werden wiederum Grösse, Volumen und Durchmesser begrifflich gleichgefasst.

Ich gebrauche das Wort Volumen nur im Sinne der Mathematik. Im einzelnen bedeutet: 1. *Z e l l v o l u m e n* (das Volumen der Zelle einschliesslich aller Zellbestandteile); 2. *r e i n e s Z e l l v o l u m e n* (das Volumen des Zellinhaltes, also Zellvolumen minus dem Volumen der Zellmembran); 3. *V o l u m e n d e s E i n z e l c h l o r o p l a s t e n* oder Einzelchloroplastenvolumen; 4. *V o l u m e n d e r Z e l l c h l o r o p l a s t e n*, oder Zellchloroplastenvolumen (die Summe der Volumina aller Einzelchloroplasten einer Zelle); 5. *K e r n v o l u m e n* (einschliesslich der Volumina der Kernkörperchen); 6. *C y t o p l a s m a v o l u m e n*; 7. *O b e r f l ä c h e d e s E i n z e l c h l o r o p l a s t e n*; 8. *O b e r f l ä c h e d e r Z e l l c h l o r o p l a s t e n*; 9. *G e s a m t o b e r f l ä c h e* (die Summe der Oberflächen aller Einzelchloroplasten innerhalb des ganzen Blattes).

Ich will nun das allgemein Vorgetragene durch Besprechung einiger spezieller Arbeiten belegen. In seinen "Histologischen Beiträgen" berichtet STRASBURGER "Über die Wirkungssphäre der Kerne und über die Zellgrösse" (33). Er untersucht embryonale Zellen, weil hier in der mit Plasma angefüllten Zelle ein Mass für die Wirkungssphäre des Kernes gegeben ist. (Siehe Tabelle auf Seite 446).

Nach STRASBURGER unterscheiden sich die embryonalen Zellen "grosser und kleiner extrem ausgewählter Individuen in ihrem Ausmass nicht voneinander". Das Grössenverhältnis des embryonalen Kernes zur Zelle beträgt 2 : 3 oder 1 : 1,5. Eine volumetrische Bestimmung ergibt erhebliche Unterschiede; in den 3 angeführten Beispielen bestehen die Volumverhältnisse 1 : 6; 1 : 9; 1 : 10. - Weiter betrachtet STRASBURGER das Verhältnis 2 : 3 oder 1 : 1,5 als eine Massvorstellung für die unmittelbare Wirkungssphäre des Kernes. Die Wirkung der vom ruhenden Kern ausgehenden Reizanstösse formativer und nutritiver Art kann in ihrer Verteilung auf das Protoplasma aber nur klar verstanden werden, wenn die Volumina bestimmt sind. Nach Bestimmung der Volumina verteilt sich die Wirkungssphäre des Kernes auf ein Plasmavolumen, welches ein 6, 9 bis 10-faches des Kernvolumens ist. Das von STRASBURGER durch lineare Messungen gefundene Verhältnis 2 : 3 oder 1 : 1,5 lässt nur auf ein Plasmavolumen schliessen, das 1 1/2 mal so gross wie das Kernvolumen ist. Auch scheint es, als ob in dem durchgehend gleichen Verhältnis 2 : 3 oder 1 : 1,5 der Be-

	Mittlerer Durchmesser	
	Kern	embryonale Zelle
a. <i>Pinus laricio</i> Poir. Verhältnis	0,014 mm 2 :	0,02 mm 3
b. Eine Bestimmung der Volumina (von STRASBURGER nicht ausgeführt) Verhältnis	0,00000143 mm ³ 2 :	0,000008 mm ³ 12
a' <i>Myosotis alpestris</i> Schmidt Verhältnis	0,003 mm 2 :	0,005 mm 3
b' Bestimmung d. Volumina Verhältnis	0,000000014 mm ³ 2 :	0,000000125 mm ³ 18
a'' <i>Smilax aspera</i> L. Verhältnis	0,0075 mm 2 :	0,013 mm 3
b'' Bestimmung d. Volumina Verhältnis	0,00000021 mm ³ 2 :	0,0000021 mm ³ 20

weis liege, dass die Wirkungskraft des Kernes in allen embryonalen Zellen die gleiche sei. Als unterschiedlich wird diese Wirkungskraft aber in den Volumverhältnissen 1:6 ; 1:9 und 1:10 erkannt.

In ihrer Arbeit "Über die Grösse und Beschaffenheit der Zellkerne u.s.w." behauptet KLIENEGER (16) auf Seite 10, dass die Kerngrösse in den Epidermiszellen von *Allium Cepa* von der Blattbasis bis zur Blattspitze abnimmt. KLIENEGER misst den Durchmesser und findet die nebenstehenden Werte:

	Spitze	14 cm von der Spitze	17-18 cm v. d. Spitze
Durchmesser d. Kernes	17,06 μ	17,84 μ	17,72 μ

Die aus dem Durchmesser dieser Flächenmessungen abgeleitete Behauptung kann richtig sein, muss es aber nicht. Denn das Zellvolumen wächst von der Basis bis zur Mitte allmählich an, dann aber nimmt es bis zur Spitze hin stark ab. Mit dieser Veränderung des Zellvolumens ist die Möglichkeit einer Formveränderung des Kernes gegeben; denn es ist eine Tatsache, dass mit zunehmendem Zellvolumen eine Abplattung und Streckung des Kernes stattfindet. Was ergibt sich daraus?

Spitze des Blattes. - Durchmesser des Kernes = 17,08 μ ; $r = 8,54 \mu$.

Ich sehe den Kern als Rotationsellipsoid an und setze die Axe 2b = 10 μ ; die Axe 2a ist gleich dem Kerndurchmesser, also 17,08 μ . Das Kernvolumen $\sqrt[4]{\frac{4}{3}} (aab) \cdot \pi$ beträgt somit 1527 μ^3 .

Basis des Blattes. - Ich nehme an, dass das Kernvolumen das gleiche wie an der Blattspitze bleibt, also 1527 μ^3 . Der Durchmesser oder die Axe 2a ist = 17,72 μ , a oder $r = 8,86 \mu$. Dann muss die Axe 2b = 9,29 μ sein. Die Abnahme gegenüber der 2b Axe des Kernes der Blattspitze (10 μ) ist also 0,71 μ . (10 μ - 9,29 μ = 0,71 μ).

Wenn also die Axe 2b um 0,71 μ (d.i. der 14. Teil von 10 μ) abnimmt, dann bleibt trotz dem grösseren Durchmesser des Kernes das Kernvolumen das gleiche. Eine so geringe Abplattung des Kernes ist in den Zellen der Blattbasis mit grösserem Zellvolumen ist durchaus denkbar und möglich. Damit würde der Schluss, der aus der linearen Messung des Durchmessers gezogen wurde, falsch, dass die Kerngrösse (klarer: das Kernvolumen) eine nach der Spitze des Blattes zu abnehmende ist.

Wird in diesen Arbeiten von STRASBURGER und KLIENEGER unter Kern- bzw. Zellgrösse der Durchmesser verstanden, was aber durchaus nicht ausgesprochen wird, so sind inbezug auf diesen die abgeleiteten Schlüsse vollauf berechtigt.

Zweierlei wollte ich durch meine vorige Betrachtung herausstellen: einmal die

Ungenauigkeiten und Fehler einer linearen Messung, darum als Forderung die Notwendigkeit volumetrischer Bestimmungen,

zum anderen: die ebenso notwendige scharfe Unterscheidung der Begriffe: Durchmesser, Volumen, Grösse.

SACHS (26) spricht in seiner Abhandlung "Über einige Beziehungen der spezifischen Grösse der Pflanzen zu ihrer Organisation" von dem vernachlässigten Gebiet der Phytotomie. Er stellt darum als Preisaufgabe: "Es ist durch möglichst zahlreiche Messungen festzustellen, ob und welche Beziehungen zwischen Volumen der Zelle und dem Organ der Pflanze bestehen. SACHS selbst schreibt, dass er immer überrascht gewesen sei, im mikroskopischen Bilde die Zellen bei grossen und kleinen Pflanzen stets von ähnlicher Kleinheit zu finden. Die von ihm angegebenen Zahlen stellen lineare Dimensionen dar, und diese schwanken zwischen 0,001 über 0,02 bis 0,05 mm, also im Verhältnis von 1 : 20 : 50. Allzu leicht schliesst man aus diesen Verhältnissen auf ein ähnliches Volumverhältnis. Bei der Berechnung der Volumina ergibt sich aber hier das Verhältnis 1 : 120000 (kleinste Zelle: br. = 0,001, lang = 0,003, h = 0,0005 mm; grösste Zelle: br = 0,05, lg = 0,15, h = 0,025 mm). - AMELUNG, der die Preisaufgabe SACHS' bearbeitete, löste diese nicht durch "zahlreiche Messungen der Volumina", sondern beschränkte sich auf die eindimensionalen Messungen. Solche Messungen können in ihren Folgerungen die Ursache von Fehlern werden. Darum bedarf auch das Hauptergebnis AMELUNGS, dass "bei morphologisch gleichen Pflanzenteilen trotz ausserordentlicher Grössenunterschiede doch die mittleren Zellgrössen dieselben bleiben, also dass die Grösse der Organe nicht von der Grösse der Zellen, sondern von der Zahl der Zellen abhängt" einiger Einschränkungen und Berichtigungen. Schon SIERP (27) stellte fest, dass der Unterschied in der Grösse der Pflanzen, bzw. ihrer Organe, auf einer entsprechenden Reduktion der Zellgrösse, auf gleichzeitiger Reduktion der Zellgrösse und Zellenzahl, oder sogar auf einer Verminderung der Zellen beruhen kann. Seine Messungen sind mit grösster Sorgfalt ausgeführt. Es sind Flächenmessungen. Wie selbst diese ohne Berücksichtigung der Tiefendimensionen bei Schlüssen auf die Volumina der Organe trügerische Vorstellungen geben, zeigte ich schon vorhin auf Seite 444.

Zuletzt möchte ich noch auf die Arbeit von MÖBIUS (20) "Über die Grösse der Chloroplasten" hinweisen. MÖBIUS stellt fest, dass die Chloroplasten verschiedener Pflanzen eine ziemlich konstante Grösse besitzen. Es wurde der Durchmesser der Chloroplasten von 200 Pflanzenarten gemessen. Der Durchmesser der kleinsten beträgt 3 μ , der der grössten 10 μ , also das Verhältnis 1 : 3. Wie verhalten sich die Volumina? Die Gestalt der Chloroplasten ist durchweg die eines Rotationsellipsoids. Die Axe 2a ist = 0,003 mm und 0,010 mm, 2b ist = 0,0015 mm und 0,005 mm (ich nehme 2b als $\frac{2a}{2}$ an, da dieser Quotient häufig anzutreffen ist)

	Axen	Volumen
<i>Nitella spec.</i>	2a = 0,003 mm 2b = 0,0015 mm	7,06 μ^3
<i>Stellaria media</i>	2a = 0,010 mm 2b = 0,005 mm	261,8 μ^3

Verhältnis der Durchmesser (MÖBIUS) = 1 : 3.

" " Volumina = 1 : 37.

Also ergibt sich wieder ein Wachsen der Unterschiede, sobald volumetrische Bestimmungen vorgenommen werden. Die Erkenntnis einer konstanten Grösse (besser: eines konstanten Volumens) der Chloroplasten tritt weniger deutlich oder gar nicht hervor. Es muss vielmehr eine Mannigfaltigkeit in der Chloroplastengrösse anerkannt werden.

Zusammenfassung. Also die volumetrische Messung ist notwendig!

II. DIE METHODE DER MESSUNGEN.

Überblicke ich noch einmal die angeführten Arbeiten, so muss ich sagen, dass allen Bestimmungen Fehler anhaften, weil die Tiefendimensionen nicht berücksichtigt wurden. Ich habe mich deshalb bei den folgenden Untersuchungen bemüht, möglichst genaue volumetrische Messungen vorzunehmen. Aufgrund dieser soll ein Beitrag zur Kenntnis der Raumerfüllung der Blatt- und Blattzellbestandteile in ihrem wechselseitigen Verhältnis gegeben werden. Ich wies oben schon auf die Schwierigkeit volumetrischer Bestimmungen hin. Sorgfältige Messungen der Volumina der Zellbestandteile enthält die Arbeit A. MEYERs (21) über "Das ergastische Organ-Eiweiss und die vitulogenen Substanzen der Palissadenzellen von *Tropaeolum majus*". Um einen Einblick in die Mengenverhältnisse von Organ-Eiweiss und vitulogenen Substanzen zu gewinnen, wurden die Volumina des Kernes, der Kernkörperchen, der Chloroplasten, des Cytoplasmas und der in den Chloroplasten befindlichen Assimilationssekrete bestimmt. Die Messungen sind an fixierten und gefärbten Objekten ausgeführt. Sicherlich lässt sich hier trotz aller Sorgfalt ein Fehler nicht vermeiden, denn die durch Fixierung und Färbung hervorgerufenen Veränderungen der Zellsubstanzen bedingen auch Volumänderungen der Zellbestandteile. Welcher Art diese Volumveränderungen sind, ob bei Kern, Cytoplasma, Chloroplasten u.s.w. in gleichen oder verschiedenen Schwankungen der Ausmasse, vermag ich nicht zu sagen; eine Wasserentziehung erfolgt allernächst. Aber die Tatsache bleibt, dass die aus Messungen derartig vorbehandelter Objekte abgeleiteten Relationen Fehler aufweisen. A. MEYER findet für die reine Kern - Cytoplasma - Chloroplastensubstanz das Verhältnis 1 : 3,8 : 5,9. Doch ist ein Vergleich meiner Messungen mit denen A. MEYERs nicht statthaft, da ich meine Untersuchungen an lebendem Material vornahm. Dass auch hier Fehler unvermeidlich waren, hob ich schon genügend hervor. Noch einmal sei gesagt, dass alle heutigen Volumbestimmungen unvollkommen sind, und dass die Resultate nur mehr oder weniger grobe Annäherungswerte darstellen. Nichtsdesto weniger können aber unsere volumetrischen Messungen Vorarbeit leisten bis zu dem Zeitpunkt, wo feinere Massmethoden ersonnen sein werden.

Auf die Methode meiner Messungen zurückkommend, möchte ich zunächst die Fehler und Fehlergrenzen besprechen. Dabei will ich aber zugleich hervorheben, dass alle unvermeidlichen subjektiven Fehler insofern an Einfluss verlieren, als alle Messungen von mir selbst, also immer derselben Person, vorgenommen wurden und damit bei allen Zahlenwerten und den daraus abgeleiteten Relationen in gleicher Weise auftreten. Auch werden die Messungsfehler durch die stete Übung im Beobachten und Messen eingeschränkt.

Ich benützte ein LEITZsches Mikroskop und den ABBEschen Zeichenapparat. Sämtliche mikroskopischen Bilder wurden gezeichnet, und am gezeichneten Bilde mit Hilfe von Millimeterpapier die Messungen vorgenommen. Die gezeichneten Bilder waren, wenn nicht zu gross oder sich nicht zu sehr dem Rande des mikroskopischen Blickfeldes nähernd, frei von merklichen Verzerrungen.

I. Die Grössenbestimmung der Blattfläche und der Zellgrundfläche.

Zunächst will ich nur solche Blätter besprechen, die mit den schwächsten Vergrösserungen im Gesichtsfelde des Mikroskops vollständig zu sehen sind. Das gilt für die Moosblätter. Das Blatt wird auf durchsichtiges Papier gezeichnet, und die Anzahl der von der Zeichnung bedeckten Quadrate des Millimeterpapiers bestimmt. Durch Multiplikation dieser Zahl mit dem auf die Objektgrösse umgerechneten Flächenwerte eines Quadrates des Millimeterpapiers ergibt sich die Grösse der Blattfläche. Beispiel: Ein Quadrat des Millimeterpapiers auf Objektgrösse umgerechnet beträgt bei Okular 3 und Objektiv Ia = $0,0007712 \text{ mm}^2$. Die Zeichnung bedeckt 4000 Quadrate des Millimeterpapiers. Also ist die Grösse der Blattfläche = $4000 \cdot 0,0007712 \text{ mm}^2$, d.i. $3,084 \text{ mm}^2$. Hierbei entsteht ein Fehler. Es gelingt nämlich nicht, bei mehrmaligem Zeichnen derselben mikroskopischen Strecke und entsprechender Umrechnung auf die wirkliche Grösse stets die gleichen Werte zu erhalten.

Der Fehler beruht nicht in mangelhaftem Millimeterpapier.

Okular 3, Objektiv Ia. Fünf Messungen. 1 mm des Millimeterpapiers entspricht folgenden wirklichen Objektgrößen:

1. = 0,02777 mm
2. = 0,02777 mm
3. = 0,02857 mm
4. = 0,02777 mm
5. = 0,02817 mm

Bestimmung des wahrscheinlichen Fehler einer Messung!

	d	d ²
0,02777 mm	= - 0,00024	0,0000000576
0,02777 mm	= - 0,00024	0,0000000576
0,02857 mm	= + 0,00056	0,0000003136
0,02777 mm	= - 0,00024	0,0000000576
0,02817 mm	= + 0,00016	0,0000000256
0,02801 mm (Mittel)		(Sa.) 0,0000005120

Mittlerer Fehler einer Messung = $\sqrt{0,0000005120 : (5 - 1)} = \pm 0,000357$

Mittlerer Fehler des Mittelwertes = $\pm 0,000357 : \sqrt{5} = \pm 0,000160$

Wahrscheinlicher Fehler = $0,674 \cdot \pm 0,000160 = \pm 0,0001078 \text{ mm}$

Dasselbe bei stärkerer Vergrößerung, Okular 2 Objektiv VII.

	d	d ²
1. = 0,00105 mm	0,000008	0,000000000064
2. = 0,00107 mm	0,000012	0,000000000144
3. = 0,00105 mm	0,000008	0,000000000064
4. = 0,00105 mm	0,000008	0,000000000064
5. = 0,00107 mm	0,000012	0,000000000144
Mittel 0,001058 mm		Sa. 0,000000000480

Mittlerer Fehler einer Messung = $\sqrt{0,000000000480 : 5 - 1} = \pm 0,0000112$

Mittlerer Fehler des Mittelwertes = $\pm 0,0000112 : \sqrt{5} = \pm 0,0000052$

Wahrscheinlicher Fehler = $0,674 \cdot \pm 0,0000052 = \pm 0,0000035 \text{ mm}$.

Für meine späteren Berechnungen habe ich folgende Werte benützt: (Einem mm und mm² des Millimeterpapiers entsprechen die nachfolgenden Objektgrößen.)

		Objektgröße.	
Okul.	Obj.	mm	mm ²
3	Ia	0,02777	0,0007712
3	III	0,00625	0,0000390
3	VII	0,00105	0,0000010
1	III	0,0125	0,0001562
1	VII	0,00208	0,00000433
3	J 1/12	0,000625	0,000000390

Der wahrsche-inliche Fehler der beiden obigen Beispiele besagt, dass mit gleicher Wahrscheinlichkeit bei der einzelnen Messung (gleiches Instrument, gleiche Beobachtung und Zeichnung) der Fehler bei Okular 3 Objektiv Ia $\pm 0,0001078$ und bei Okular 3, Objektiv VII $\pm 0,0000035$ betragen kann. Es ergibt das eine Schwankung in der 2. und 3. Zahlenstelle des Resultates z.B.:

	mm	mm ²
3, Ia	0,0277 mm $\pm 0,0001078 \text{ mm}$	0,0007767
		0,02767
3, VII	0,00105 mm $\pm 0,0000035 \text{ mm}$	0,00000110
		0,001047
		0,00000109

Okular 3, Objektiv Ia wurde zur Bestimmung der Moosblattfläche benützt, z.B.

Brachythecium rutabulum. Es wurden 3126 Quadrate des Millimeterpapiers gezählt. Die Blattfläche beträgt demnach $3126 \cdot 0,000771 \text{ mm}^2 = 2,41 \text{ mm}^2$ und $3126 \cdot 0,000776 = 2,42 \text{ mm}^2$ und $3126 \cdot 0,000765 = 2,39 \text{ mm}^2$.

Okular 3 Objektiv VII wurde zur Bestimmung der Zell-Grundfläche benützt, z.B. *Brachythecium rutabulum*. 150 Quadrate wurden gezählt. Die Zell-Grundfläche beträgt demnach: $150 \cdot 0,00000110 = 0,000165 \text{ mm}^2$. Sie kann auch betragen: $150 \cdot 0,00000110 = 0,000165 \text{ mm}^2$ und $150 \cdot 0,00000109 = 0,000163 \text{ mm}^2$.

Ein zweiter Fehler, der das Ergebnis beeinflusst, entsteht bei der Auszählung der durch die Zeichnung bedeckten Quadrate des Millimeterpapiers, z.B. bei fünfmaliger Bestimmung derselben Zeichnung einer Blattfläche von *Brachythecium rutabulum* wurden gezählt (Okular 3 Objektiv Ia):

Quadrate des Millimeterpapiers	Grösse der Blattfläche
3126	2,41 mm ²
3100	2,38 "
3050	2,34 "
3150	2,42 "
3200	2,46 "

Die fünf Flächenwerte des Blattes zeigen, dass sie selbst durch erhebliche Unterschiede in der Anzahl der ausgezählten Quadrate nur wenig voneinander abweichen. Das gleiche gilt für die Auszählung und Bestimmung der Zeichnung einer Zell-Grundfläche (Okular 3, Objektiv VII). *Brachythecium rutabulum*:

Quadrate des Millimeterpapiers	Grösse der Zellgrundfläche
150	0,000165 mm ²
142	0,000156 mm ²
159	0,000174 mm ²

Zu diesen rechnerisch bestimmbaren Fehlern kommen nicht vermeidbare Ungenauigkeiten beim Zeichnen selbst hinzu und bringen Wertschwankungen in die Ergebnisse hinein. Zusammenfassend kann ich die Richtigkeit aller folgenden Werte dahin bestimmen, dass die 3. Zahlenstelle keinen Anspruch auf Genauigkeit besitzt und die 2. Zahlenstelle ± 1 oder 2 betragen kann.

Schon auf Seite 448, 449 habe ich angegeben, wie die Blattfläche der im Gesichtsfeld des Mikroskops vollständig zu sehenden und zu zeichnenden Blätter bestimmt wurde. Es waren das die Moosblätter. Die Blätter höherer Pflanzen legte ich ausgebreitet unter durchscheinendes Papier, zeichnete sie im Umriss und zählte die Anzahl der von der Zeichnung bedeckten Quadrate des Millimeterpapiers. Bei recht grossen Blättern kann das Polarplanimeter benützt werden. Ich mass damit die Blattfläche von *Fritillaria imperialis*.

II. Die Gesamtoberfläche des Blattes.

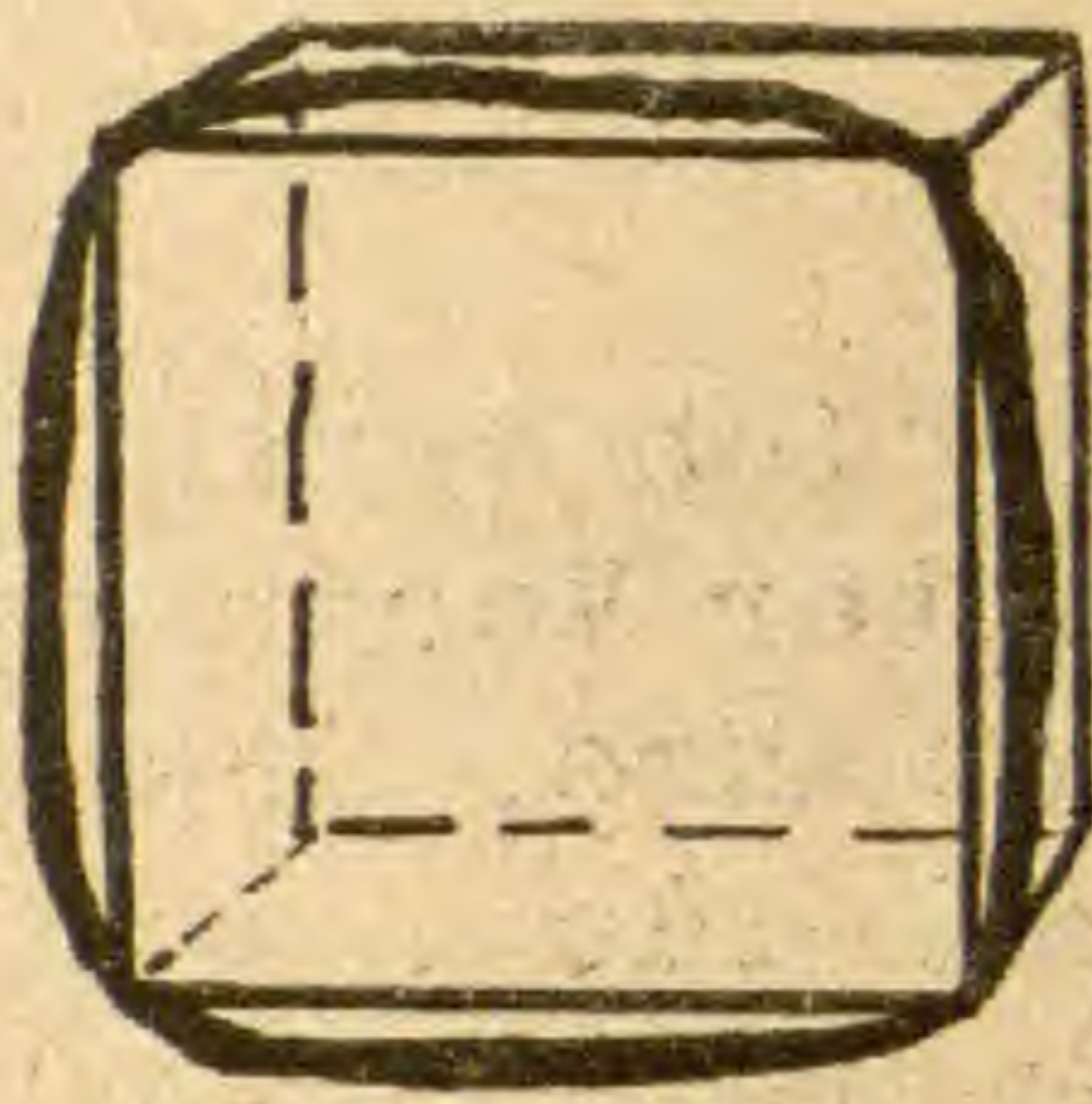
Ich erhielt sie, indem ich die Blattfläche (ihre Bestimmung siehe unter I.) mit 2 multiplizierte.

III. Das Volumen des Blattes.

Beim Moosblatt wird dieses durch das Produkt aus Blattfläche und Blattdicke dargestellt. Die mittlere Blattdicke erhielt ich aus Messungen der Blattquerschnitte von Basis, Mitte und Spitze. Das Volumen der Blätter höherer Pflanzen wurde durch Eintauchen in Wasser und Bestimmung des Volumens der verdrängten Wassermasse gefunden (siehe unten).

IV. Das Volumen der Zelle.

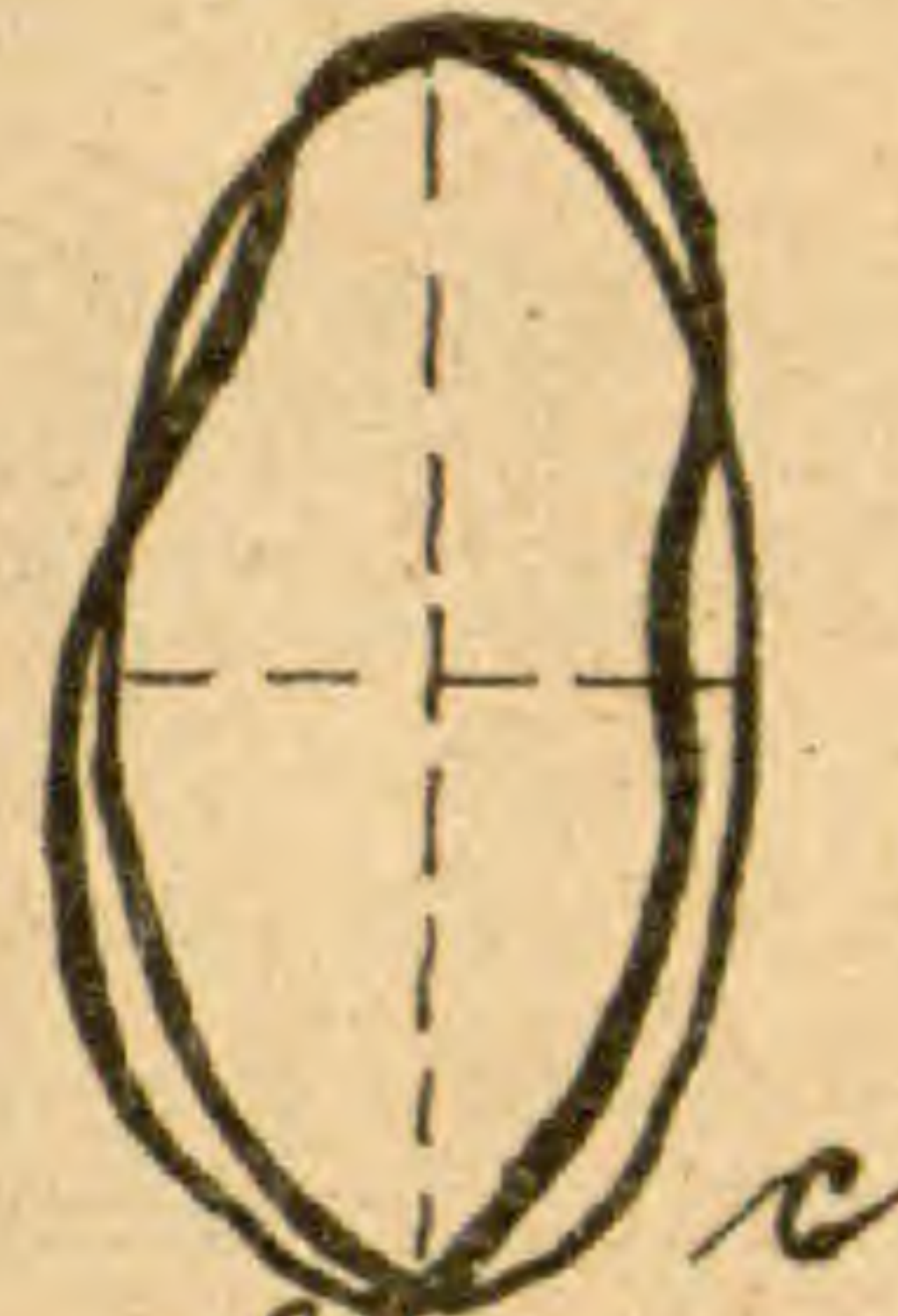
Dieses ergibt sich im allgemeinen aus Multiplikation von Zellgrundfläche und Höhe. Natürlich bleiben diese Berechnungen unvollkommen, da die Zellen keine regelmässigen geometrischen Körper darstellen. Wie die nachstehenden Figuren zeigen, reduzierte ich die angedeuteten Zellformen auf die eingezeichneten regelmässigen Körper.



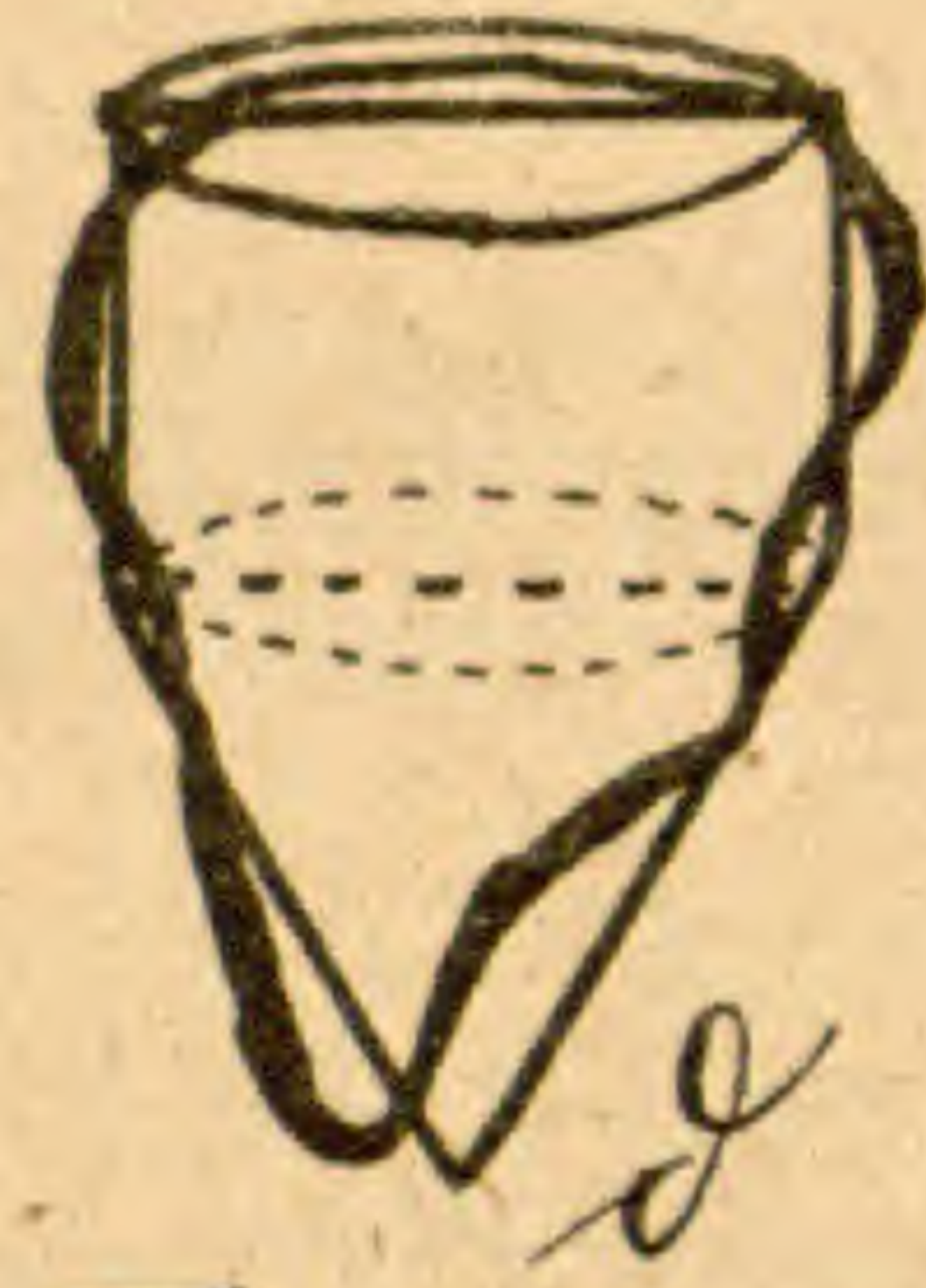
a
Moosblattzelle
Würfel



b
Palisadenzellen:
Zylinder



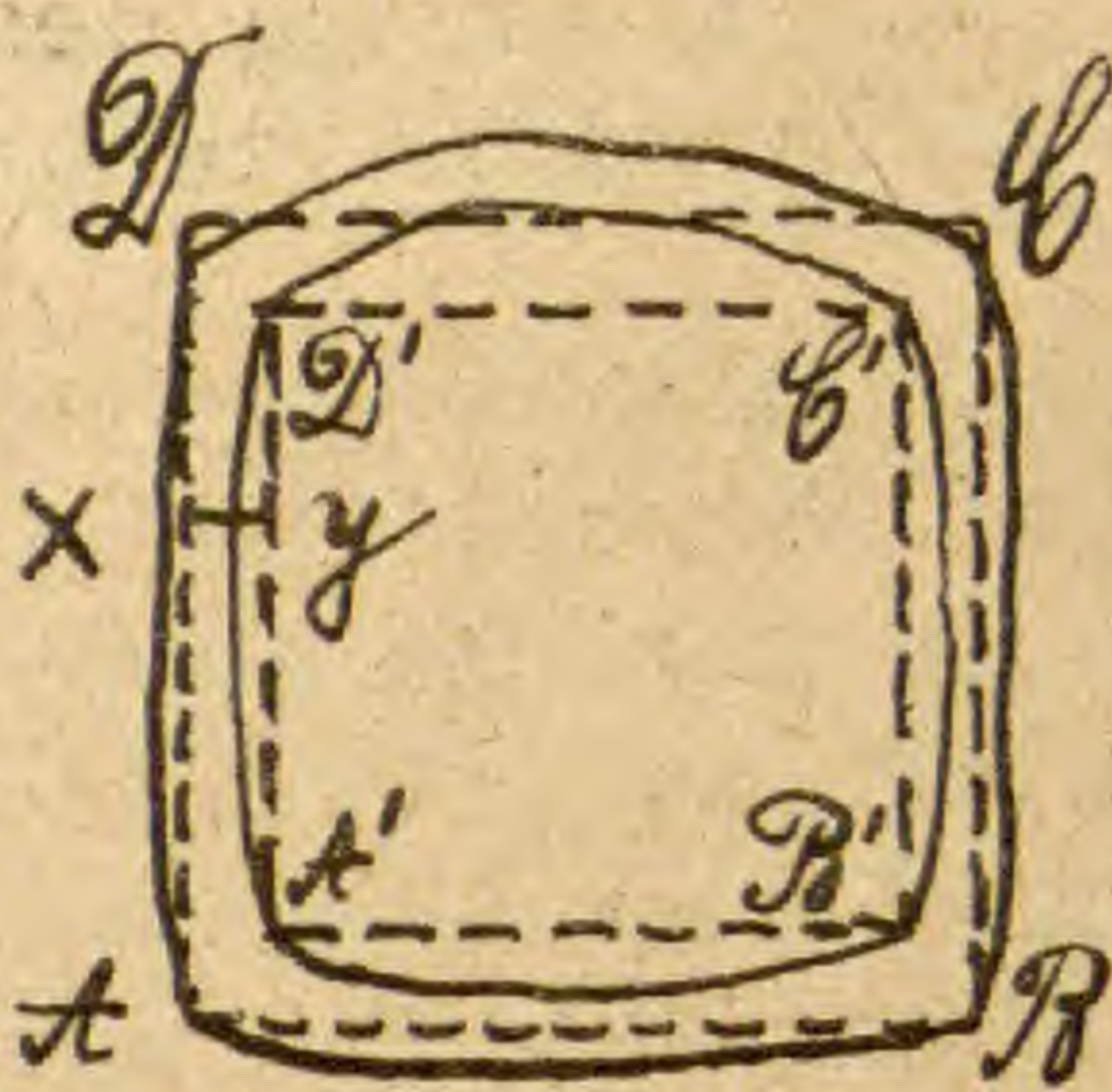
c
Rotations-
ellipsoid



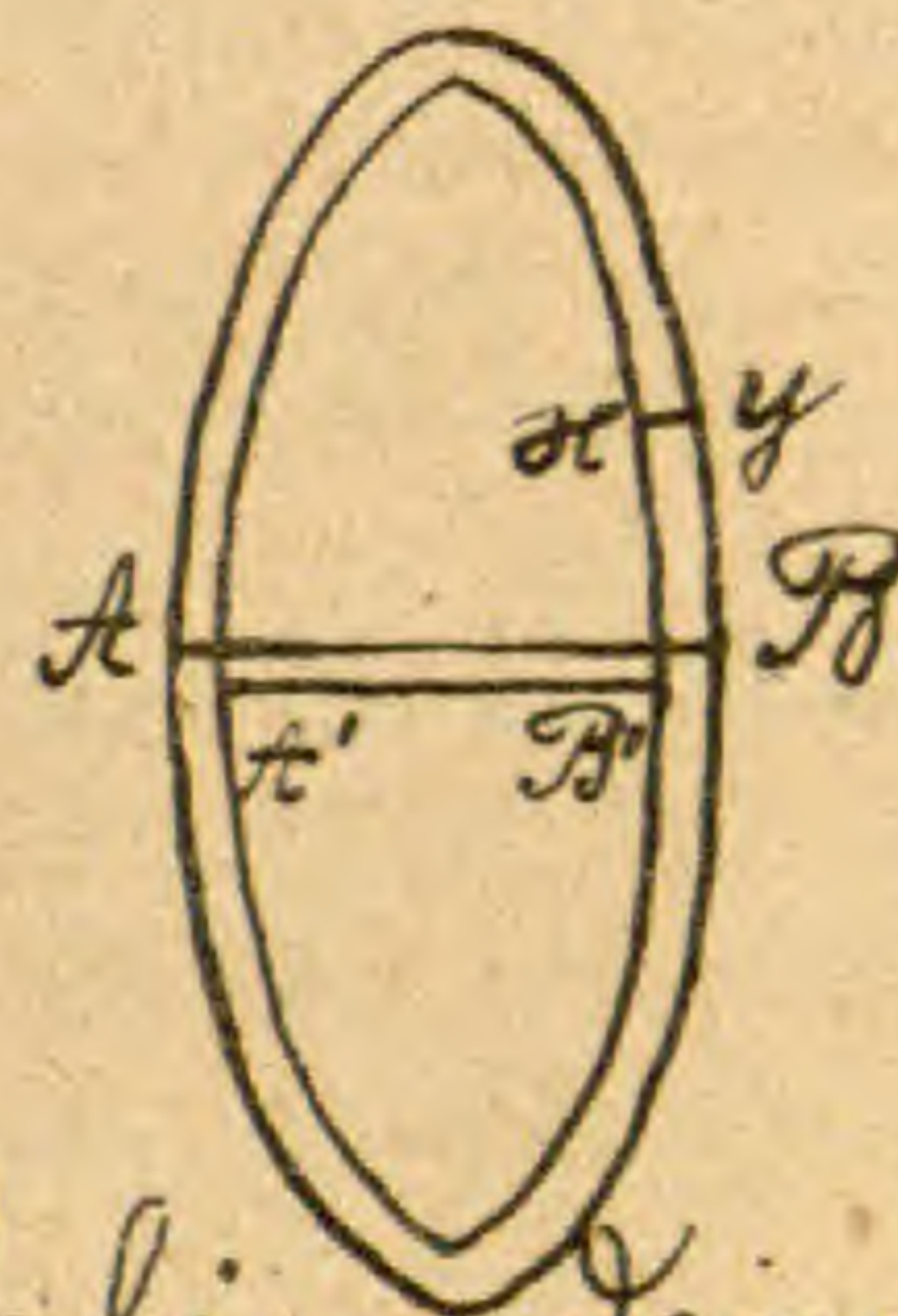
d
Trichterzelle:
Zylinder +
Kegel

V. Das Volumen der Membran.

Das Membranvolumen erhielt ich, indem ich das reine Zellvolumen vom Zellvolumen subtrahierte: z.B. Dicke der Membran = xy .



Moosblattzelle a:
Prisma $ABCD$ minus
Prisma $A'B'C'D'$ gleich
dem Membranvolumen.



Palisadenzelle c:
Rotationsellipsoid um die Achse AB
rotierend minus dem Rotationsellipsoid
um die Achse $A'B'$ rotierend gleich
dem Membranvolumen.

VI. Die Zellezahl.

Sie wird bestimmt, indem das Blattvolumen durch das Zellvolumen dividiert wird. Auf Besonderheiten soll später noch hingewiesen werden.

VII. Das Kern- und Chloroplastenvolumen und seine Oberfläche.

Kern und Chloroplasten wurden als Rotationsellipsoide angesehen und ihre Volumina nach der Formel $\frac{4}{3}\pi(aab)$ bestimmt. Die Axen konnten in der Flächen-

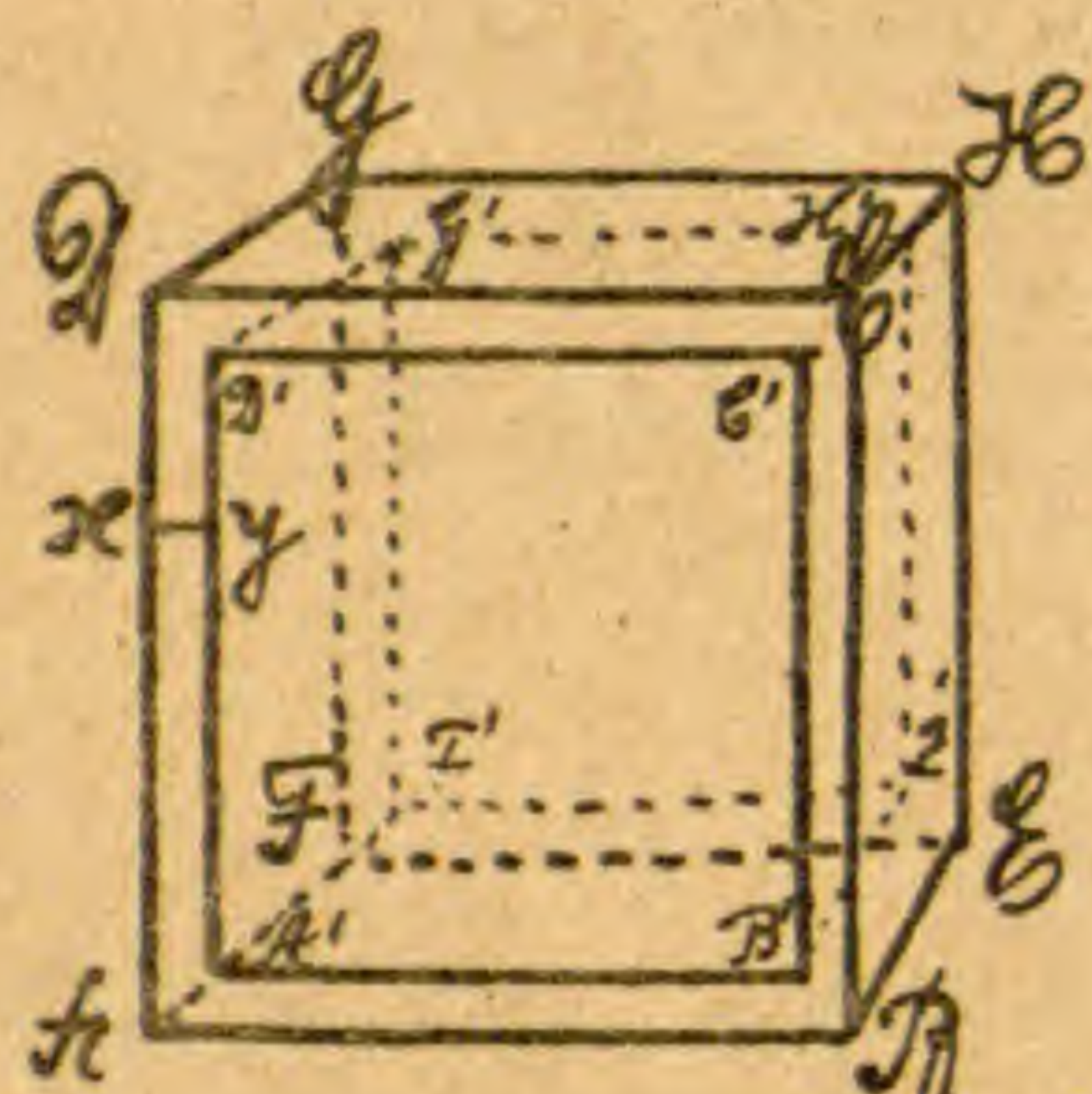
und Profilstellung gemessen werden. Die Oberfläche von Kern und Chloroplasten erhielt ich durch die Formel $\frac{4}{3}\pi(2a^2 + b^2)$; vergl. WAGNER, Mathem. Erdkunde.

VIII. Die Zahl der Chloroplasten.

Die Gesamtzahl der Chloroplasten innerhalb eines Blattes wurde durch Multiplikation der Zellenzahl mit der Anzahl der Zellchloroplasten gefunden. Das Produkt aus der Summe aller Chloroplasten des ganzen Blattes und der Oberfläche des Einzelchloroplasten ergibt die Gesamtchloroplastenoberfläche.

IX. Das Volumen des Cytoplasmas.

Diese Volumenbestimmung bietet die grösste Schwierigkeit. Ich versuchte jedesmal, die Dicke des cytoplasmatischen Wandbelags bei stärkster Vergrösserung (Ok. 3, Imm. 1/12) und Abblendung festzustellen. Unter der Annahme, dass der Wandbelag überall in der gleichen gefundenen Dicke die Zelle auskleidet, wurde das Cytoplasmavolumen in derselben Weise wie schon vorher das Membranzvolumen bestimmt, d.h. vom reinen Zellvolumen (Zellvolumen ohne Membranzvolumen) wurde das Volumen eines Körpers subtrahiert, dessen Dimensionen um die für die Dicke des Cytoplasmaschlauches gefundene Masszahl vermindert wurde. Siehe nebenstehende Zeichnung.



$x \cdot y$ = Dicke des Cytoplasmaschlauches. Cytoplasmavolumen = Körper A B C D E F G H minus dem Körper A' B' C' D' E' F' G' H'.

Bei dieser Bestimmung wird der Fehler relativ gross, weil das Cytoplasma in den Zellecken und zwischen den Chloroplasten in grösserer Dicke lagert, an anderen Stellen der Zellwände aber fast verschwindet. Plasmastränge, die die Zelle durchziehen, können überhaupt nicht in die Rechnung einbegriffen werden. Schliesslich bewegt sich die Dicke des Belages innerhalb von so geringen Werten ($0,00018\mu$ - $0,00035\mu$), dass deren Messung unsicher bleibt. Jede Volumbestimmung des Cytoplasmas in einer mit Saftraum versehenen, ausgewachsenen Zelle wird daher nur groben Annäherungswert besitzen.

Damit ist die Methode in den Grundzügen besprochen. Ich möchte noch erwähnen, dass alle Objekte während der Untersuchung in Wasser lagen. Moosblätter und ihre Bestandteile erleiden hier keine Veränderungen, weil sie ja auch am natürlichen Standort häufig von Wasser umspült werden. Anders ist es bei den Blättern höherer Pflanzen. Die Zellen und ihre Zellbestandteile können nur an Schnitten gezeichnet und berechnet werden. URSPRUNG (35) legte diese Schnitte in Paraffinöl, weil dieses das Volumen der Zelle nicht merklich beeinflusse. Die Nachprüfung ergab, dass im Wasser das Volumen der Zelle grösser ist als in Paraffinöl. Eine Veränderung des normalen Zellvolumens innerhalb des Blattes wird schon eintreten, wenn Schnitte hergestellt werden, da die Gewebespannung, der gegenseitige Druck der Zellen im Verbands, aufgehoben oder abgeschwächt wird. Diese Ausdehnung der Zelle verlangt Wasseraufnahme. Hierfür steht zunächst schon während des Schneidens das die Zellwände imbibierende Wasser zur Verfügung, aber wegen der Gegenwirkung der entquellenden Wand nur zum Teil. In Wasser gelegt, kann die Zelle weiter Wasser aufnehmen, was in Paraffinöl nicht möglich ist. Die Volumzunahme in Wasser muss daher grösser sein als in Paraffinöl. Meine Messungen ergaben nun, dass die Volumzunahme in Wasser gegenüber Paraffinöl die Grenze der sonstigen überhaupt möglichen Fehler nicht überschreitet. Daher untersuchte ich alle Blattquerschnitte in Wasser. Es sei noch gesagt, dass Paraffinöl sehr häufig die Klarheit der mikroskopischen Bilder beeinträchtigt und damit das Zeichnen erschwert. Zur Erläuterung will ich zwei Beispiele anführen:

- a. 20 Palissadenzellen aus der Blattmitte von *Ranunculus aquatilis* (Landform)
 in Paraffinöl: $d = 0,02988 \text{ mm}$, $h = 0,06280 \text{ mm}$, Volumen = $4400 \cdot 10^{-8} \text{ mm}^3$
 in Wasser: $d = 0,02920 \text{ mm}$, $h = 0,06690 \text{ mm}$, Volumen = $4480 \cdot 10^{-8} \text{ mm}^3$

b. 25 Chloroplasten von *Fagus silvatica* (Schattenblatt).

in Paraffinöl: $2a = 0,005270 \text{ mm}$, $2b = 0,002180 \text{ mm}$, Volumen = $3170 \cdot 10^{-11} \text{ mm}^3$

in Wasser: $2a = 0,005220 \text{ mm}$, $2b = 0,002170 \text{ mm}$, Volumen = $3090 \cdot 10^{-11} \text{ mm}^3$

Im Beispiel b haben die Chloroplasten in Paraffinöl ein grösseres Volumen als in Wasser. Dieser Unterschied ist hier unabhängig vom Medium Wasser und Öl, sondern hat allein seinen Grund in den schon besprochenen Messungs- und Berechnungsfehlern überhaupt. Zugleich sind die Werte der Dimensionen $2a$ und $2b$ dafür ein Beispiel, wie noch Schwankungen in der 5. Stelle nach dem Komma ($1:100 \mu$) das Resultat beeinflussen.

III. MOOSBLÄTTER.

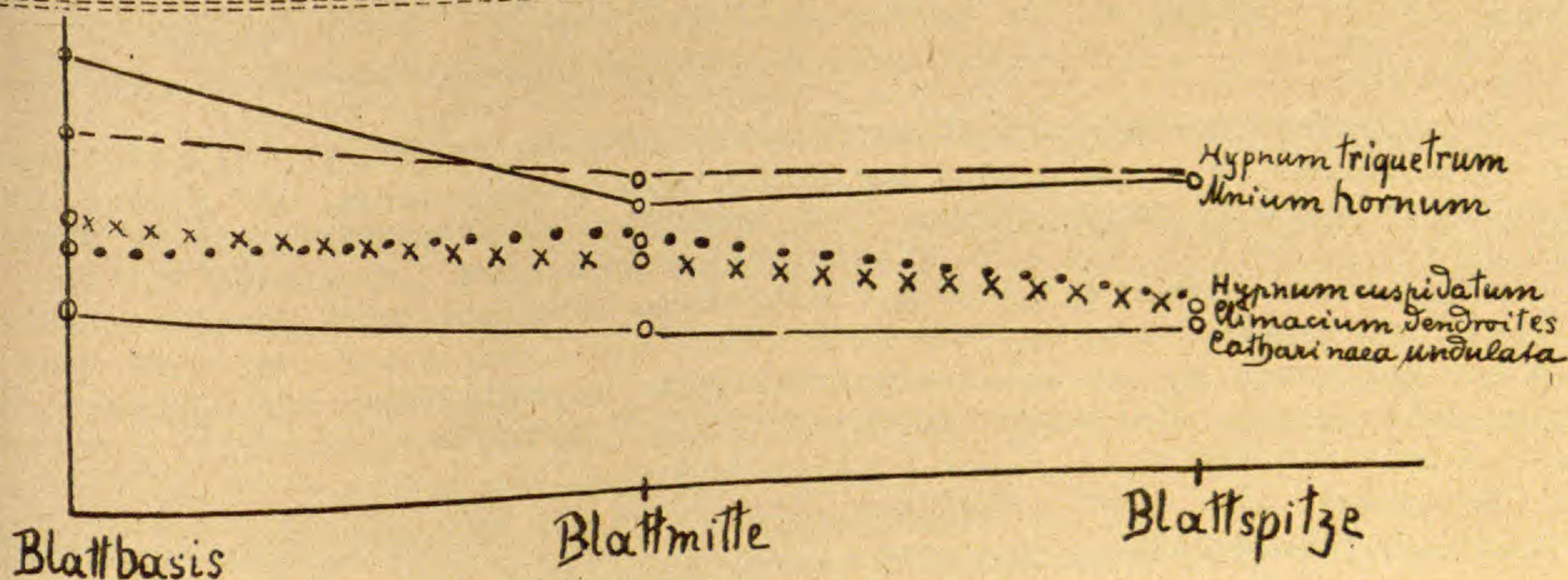
Ich verweise zuvor noch einmal auf Seite 445, wo ich einige Ausdrücke begrifflich erläuterte, die ich nun weiterhin in diesem Sinne stets gebrauchen werde. Die Moose wurden in den Monaten Oktober bis Februar gesammelt. Selbstverständlich können nur ausgewachsene Blätter in Betracht kommen. Da auch bei diesen die Grösse der Blattfläche veränderlich ist, wurden von 2 Pflanzen je ein kleines, mittleres und grosses Blatt ausgewählt, sodass die folgenden Werte ein Mittel aus 6 Messungen darstellen. Um das mittlere Zellvolumen zu erhalten, bestimmte ich die Volumina von ungefähr 150 Zellen, je 75 Zellen eines kleineren und grossen Blattes, und zwar 8 - 10 an den in nebenstehender Figur mit x bezeichneten Stellen, die Spitze, Mitte und Basis des Blattes vorstellen und in verschiedenem Abstände vom Blattrand gelegen sind.



Die Tabelle 3 zeigt, dass das Zellvolumen durchgehend von der Blattbasis zur Spitze hin abnimmt. Die graphische Darstellung, welche folgt, zeigt alle Blätter auf gleiche Länge reduziert.

a. Unterschiede des Zellvolumens von der Blattbasis zur Spitze hin, und über das mittlere Zellvolumen kleiner und grosser Blätter derselben Art (Volumen = $0,00000276 \text{ mm}^3$ geschrieben = $276 \cdot 10^{-8} \text{ mm}^3$.)

Tabelle 3.	kleines Blatt			grosses Blatt			Mittelwert	
	Spitze	Mitte	Basis	Spitze	Mitte	Basis	kleines Blatt	grosses Blatt
Hypnum triquetr.	$276 \cdot 10^{-8}$	$309 \cdot 10^{-8}$	$309 \cdot 10^{-8}$	$276 \cdot 10^{-8}$	$301 \cdot 10^{-8}$	$369 \cdot 10^{-8}$	$298 \cdot 10^{-8}$	$315 \cdot 10^{-8}$
" cuspidatum	161. "	231. "	252. "	170. "	267. "	292. "	215. "	243. "
" loreum	- "	- "	- "	253. "	292. "	328. "	- "	291. "
Mnium affine	3260. "	3700. "	4730. "	4240. "	5600. "	5230. "	3890. "	5020. "
" hornum	- "	- "	- "	474. "	452. "	714. "	- "	546. "
Climac. dendr.	- "	- "	- "	174. "	248. "	316. "	- "	246. "
Cathar. undul.	568. "	668. "	714. "	634. "	702. "	946. "	650. "	760. "



Climacium dendroides hat eine gleichsinnige Abnahme des Zellvolums von der Basis zur Spitze hin, *Hypnum cuspidatum* eine allmähliche bis zur Mitte, dann bis zur Spitze eine stärkere; *Hypnum triquetrum* und *Mnium hornum* zeigen zuerst eine stärkere Abnahme, von der Mitte bis zur Spitze eine recht geringe. Wie innerhalb des Einzelblattes die Grösse des Zellvolumens veränderlich ist, so schwanken auch innerhalb der Blattgrössen die Zellvolumina, und zwar derart, dass kleinere Blätter derselben Spezies kleinere, und grössere Blätter grössere Zellvolumina besitzen. Also ist der Schluss berechtigt, dass nicht allein die Zellenzahl, sondern auch die Grösse des Zellvolumens die Grösse des Blattes bestimmt.

Es bedeutet das eine Einschränkung der Ansicht, dass die Organgrösse allein von der Zahl der Zellen abhängt. Auf botanischem Gebiete vertreten diese Anschauung SACHS, AMELUNG und STRASBURGER. Auf zoologischem Gebiete spricht DRIESCH (5) von der festen Zellgrösse bei verschiedenen Arten der Echinoiden. Der "Echiniden-organismus verfährt wie der Architekt, der mit Ziegelsteinen gleicher Grösse ein kleines Wohnhaus und einen grossen Palast errichtet". Doch fügt DRIESCH hinzu: "andere Organismen tun das vielleicht nicht". Wie ich schon früher erwähnte, wandte sich SIERP gegen den Satz AMELUNGS von der konstanten Zellgrösse (siehe S. 447). Dasselbe besagen die Untersuchungen LEVIS (18) an einer grossen Anzahl nahe verwandter Tierarten. Er stellte u. a. fest, dass Ganglienzellen, Nervenfasern, Linsenfasern und Muskelfasern innerhalb gewisser Grenzen im Verhältnis zur Körpergrösse variieren. Weiter erklärt BEREZOWSKI (Arch. f. Zellforschung V, 1910) nach Messung von Darmepithelien dreier Familien weisser Mäuse, dass die Grösse des Organismus nicht nur durch Vermehrung der Zellen, sondern auch durch Zunahme der Zellgrösse bedingt wird.

b. Blatt- u. Zellvolumen verschiedener Moosarten.

	Gesamtoberfl. d. Blattes	Volumen des Blattes	Zellvolumen	Zellenzahl d. Blattes.
<i>Ceratodon purpureus</i>	1,474 mm ²	0,0110 mm ³	225.10 ⁸ mm ³	4900
<i>Plagiothec. undulatum</i>	6,030 "	0,0350 "	1340. " "	2610
<i>Hypnum triquetrum</i>	17,244 "	0,0796 "	325. " "	24500
<i>Hypnum cuspidatum</i>	2,344 "	0,00739 "	229. " "	3270
<i>Hypnum loreum</i>	2,840 "	0,0135 "	291. " "	4640
<i>Climacium dendroides</i>	5,212 "	0,0191 "	246. " "	7760
<i>Mnium affine</i>	27,446 "	0,274 "	4450. " "	6150
<i>Mnium hornum</i>	6,390 "	0,0578 "	546. " "	10600
<i>Catharinaea undulata</i>	10,296 "	0,122 "	705. " "	17300

Aus den vorstehenden Werten ist zu ersehen, dass kleine Blätter kleinvolumige Zellen haben können, z.B. *Ceratodon purpureus*, *Hypnum cuspidatum*, und grosse Blätter grossvolumige, z.B. *Mnium affine*. Doch umgekehrt haben wiederum kleine Blätter grossvolumige Zellen, wie z.B. *Plagiothecium undulatum*, und grosse Blätter kleinvolumige, z.B. *Hypnum triquetrum*, *Catharinaea undulata*. Eine Beziehung zwischen Zell- und Blattvolumen besteht hier nicht. Sieht man die 4 Vertreter der Familie der Hypnaceen an, so haben sie trotz recht verschiedener Blattgrösse ein ähnliches Zellvolumen. Die beiden Arten der Gattung *Mnium* verhalten sich aber anders. Ob danach die Vertreter einer Familie eine ähnliche mittlere Zellgrösse besitzen (*Hypnaceae*) oder nicht (*Mniaceae*) kann wegen der geringen Zahl der Messungen nicht ausgesprochen werden.

c. Die Chloroplasten des Moosblattes (Tabelle 5, Seite 456 - 57).

Bei den untersuchten Moospflanzen zeigt sich zunächst ein Zusammenhang zwischen dem Volumen des Einzelchloroplasten und dem natürlichen Verwandtschaftsverhältnis. Die Vertreter derselben Familie haben ähnliche Einzelchloroplastenvolumina, so die 4 Arten der Hypnaceen und die 2 Arten der Mniaceen. Eine Abhängigkeit des Einzelchloroplastenvolumens vom Zellvolumen besteht nicht¹⁾. Besonders deutlich ist dieses bei *Mnium hornum* und *Mnium affine* zu erkennen. *Mnium hornum*, dessen Zellvolumen $\frac{1}{8}$ des Zellvolumens von *Mnium affine* beträgt, hat gleiches Einzelchloroplastenvolumen. Weiter ist auch keine Beziehung zwischen Einzelchloroplastenvolumen oder Einzelchloroplasten-Oberfläche und Blattvolumen oder -Oberfläche festzustellen, z.B. hat *Hypnum triquetrum* mit grosser Gesamtoberfläche ein kleineres Einzelchloroplastenvolumen als *Ceratodon purpureus* mit kleinster Gesamtblattoberfläche, und *Climacium dendroides* sowie *Mnium hornum* haben bei ähnlicher Gesamtblattoberfläche recht verschiedene Einzelchloroplastenvolumina (Verhältnis der Einzelchloroplastenvolumina = 1:4). Ich möchte zuletzt die Gesamtchloroplasten-Oberfläche mit der Gesamtoberfläche des Blattes vergleichen. Ein Zusammenhang lässt sich nicht finden. Wohl hat in Tabelle 5 das Blatt mit kleinster Gesamtoberfläche (*Ceratodon purpureus*) die grösste prozentuale Gesamtchloroplastenoberfläche und das Blatt mit grösster Gesamtoberfläche (*Mnium affine*) eine prozentual kleine Gesamtchloroplastenoberfläche, aber andererseits entwickeln *Mnium affine* und *Hypnum cuspidatum* bei stärkstem Unterschied in der Gesamtblattoberfläche (13:1) eine ähnliche Gesamtchloroplastenoberfläche. Allgemein lässt sich nur sagen, dass die gemessenen Moosblätter eine gleiche bis doppelt so grosse Gesamtchloroplastenoberfläche zeigen, wie sie selbst Gesamtblattoberfläche besitzen.

6. Tabelle.

	Zellvolumen mm ³	Zellchloroplasten volumen mm ³	Gesamtoberfläche d. Zellchloroplasten mm ³
<i>Ceratodon purpur.</i>	225 . 10 ⁻⁸	0,00000025	0,000604
<i>Hypn. cuspidatum</i>	229 . "	0,00000026	0,000660
<i>Climac. dendroid.</i>	246 . "	0,00000022	0,000616
<i>Hypn. loreum</i>	291 . "	0,00000029	0,000730
<i>Hypn. triquetrum</i>	325 . "	0,00000035	0,001170
<i>Mnium hornum</i>	546 . "	0,00000045	0,000799
<i>Catharinaea undul.</i>	705 . "	0,00000057	0,000910
<i>Plagiothec. undulat.</i>	1340 . "	0,00000046	0,001284
<i>Mnium affine</i>	4450 . "	0,00000205	0,003530

In Tabelle 6 habe ich nebeneinandergestellt: Zellvolumen, Zellchloroplastenvolumen und Gesamtoberfläche der Zellchloroplasten. Eine Anhängigkeit zeigt sich insofern, als mit zunehmendem Zellvolumen auch das Zellchloroplastenvolumen und die Zellchloroplastenoberfläche in vielfach ähnlichem Verhältnis anwachsen.

d. Die Raumerfüllung der Zellbestandteile in ihrem gegenseitigen Verhältnis.

Tabelle 7, Seite 456 - 457. - Eine allgemeine Regel lässt sich aus den erhaltenen Werten nicht ableiten. Es bleibt also nur, folgendes festzustellen: Das Membranvolumen der Zelle schwankt zwischen 20% und 57% des Zellvolumens, es beträgt

1) HEILIG, EMIL, Untersuchungen über die Teilung der Chloroplasten nebst Beobachtung über Zellgrösse und Chromatophorengrösse, Strassburg 1922, findet in kleinvolumigen Zellen kleine, in grossvolumigen Zellen der Laubmoose grosse Chloroplasten. Meine Messungen bestätigen dieses Resultat nicht!

Blattvolumen mm ³	Interzellulärvolumen mm ³	Blattoberfläche mm ²
336	80	3590
315	73	3480
280	69	3240
388	87	3970
<u>371</u>	<u>90</u>	<u>3720</u>
Mittelw. 338	Mittelwert 80	Mittelw. 3600

Gesamtoberfläche des Blattes 3600 . 2 = 7200 mm².

b. Aus Querschnitten durch Basis, Mitte und Spitze des Blattes wurde gefunden:

Dicke von	oberer Epidermis (o.E.)	Palissadengew. (Pa.)	Schwammgewebe (Sch.)	unt. Epidermis (u.E.)
Basis	0,00955 mm	0,0285 mm	0,0425 mm	0,00918 mm
Mitte	0,00964 "	0,0260 "	0,0416 "	0,00899 "
Spitze	0,00948 "	0,0280 "	0,0457 "	0,00931 "
Mittelwert	0,00956 "	0,0274 "	0,0433 "	0,00916 "

c. Unter der Voraussetzung überall gleichmässiger Blattdicke berechnete ich aus Grundfläche (3600 mm) . h (0,00956, 0,0274 u.s.w., siehe unter b) folgende Verteilung innerhalb des Blattes:

$$\begin{aligned}
 \text{o. Ep.} &= 3600 \cdot 0,00956 = 34 \text{ mm}^3 \\
 \text{Pa.} &= 3600 \cdot 0,0274 = 99 \text{ " } \\
 \text{Sch.} &= 3600 \cdot 0,0433 = 156 \text{ " } \\
 \text{u. Ep.} &= 3600 \cdot 0,00916 = 33 \text{ " } \\
 \text{Gesamtvolumen} &= 322 \text{ " }
 \end{aligned}$$

Das errechnete Volumen des Blattes stellt sich somit auf 322 mm³ gegenüber 338 mm³ der ersten Bestimmung (siehe unter a). Dieser Unterschied von 16 mm³ = 5% wird erklärlich, wenn man bedenkt, dass das Blatt die angenommene Regelmässigkeit nicht zeigt. Das Volumen der Epidermis bestimmte ich stets auf die unter c) angegebene Weise, also Blattfläche x Dicke der Epidermis. *Fagus silvatica* hat demnach ein Epidermisvolumen von 34 mm³ + 33 mm³ = 67 mm³. Für das Mesophyllvolumen bleiben 337 mm³ (siehe unter a) minus 67 mm³ = 271 mm³. Das Mesophyll wird von den Rippen durchzogen. Die Bestimmung des Volumens der Rippen ergab 23 mm³ (10 Blätter kochte ich mit verdünnter Schwefelsäure, isolierte die Hauptrippen, trocknete sie und tauchte sie in eine Bürette ein. Ergebnis: für 10 Blätter = 230 mm³. Ein Blatt = 230 : 10 = 23 mm³. - Pa., Sch. und Interzellularen nehmen noch 248 mm³ ein, nämlich 271 mm³ minus 23 mm³. In diese 248 mm³ teilen sich das Pa. und das Sch. im Verhältnis 99 : 156. Dieses Verhältnis entnahm ich der Berechnung bei c). Somit ergibt sich:

$$\begin{aligned}
 \text{Pa. + Interzellularen} &= 96 \text{ mm}^3 \\
 \text{Sch. + " } &= 152 \text{ " }
 \end{aligned}$$

Von den gefundenen Volumina für Pa. und Sch. müssen die Interzellulär volumina subtrahiert werden, um das reine Pa. und Sch.-Volumen zu erhalten. Die Interzellularen (80 mm³) verteilen sich auf das Pa. und das Sch. im Verhältnis der Dicke dieser Gewebe (siehe unter b.: 0,027 mm und 0,043 mm; also 3 : 5). Dabei nahm ich an, dass die Interzellularen sich gleichmässig im Mesophyll ausbreiten. Ein Fehler ist hier unvermeidlich, denn das Sch. hat relativ mehr Interzellularen als

das Pa. Die Werte für das Pa. werden also zu gross und für das Sch. zu niedrig sein. Es scheint mir aber unmöglich, eine genauere Verteilung vorzunehmen.

In dem Pa. befinden sich danach 30 mm^3 Interzellularen, im Sch. 50 mm^3 .

Zusammenfassendes Ergebnis:

Volumen von Ep.	= 67	mm^3
Pa.	= 66 (96 - 30)	"
Sch.	= 102 (152 - 30)	"
Int.	= 80	"
Rip.	= 23	"

d. Auf 1 mm^2 Blattfläche entfallen: Blattfläche = 3600 mm^2 .

Volumen von Ep.	= 67 : 3600 = 0,018	mm^3
Pa.	= 66 : 3600 = 0,018	"
Sch.	= 102 : 3600 = 0,028	"
Int.	= 80 : 3600 = 0,022	"
Rip.	= 23 : 3600 = 0,006	"

e. Die Zahlenwerte unter d können auch bestimmt werden, wenn man 1 mm^2 Blattfläche mit der mittleren Dicke von o. Ep., Pa., Sch. und u. Ep. wie sie unter b. gemessen ist, multipliziert. Es ergibt sich:

Volumen von Ep.	= 0,018 . 1 = 0,018	mm^3
Pa.	= 0,027 . 1 = 0,027	"
Sch.	= 0,043 . 1 = 0,043	"

Auf das Pa. und das Sch. müssen wiederum die Interzellularen, nämlich 0,022 mm^3 , im Verhältnis 3 : 5, d.i. $0,008 \text{ mm}^3$ und $0,014 \text{ mm}^3$ verteilt werden. Ergebnis:

Volumen von Ep.	0,018	mm^3
Pa.	0,019	" (0,027 - 0,008)
Sch.	0,029	" (0,043 - 0,014)
Int.	0,022	"

Das sind also fast gleiche Werte, wie sie unter d. gefunden wurden.

f. Bestimmung der Zellenzahl des Pa. und des Sch. - Das mittlere Volumen der Palissadenzelle und der Schwammparenchymzelle erhielt ich aus je 30 Messungen in Blattbasis, Blattmitte und Blattspitze. Pa.-Zelle = $180 \cdot 10^{-8} \text{ mm}^3$, Sch.-Zelle = $260 \cdot 10^{-8} \text{ mm}^3$.

Zellenzahl von Pa. und Sch. in einem mm^2 Blattausschnitt.		
Palissadenzellen	$0,018 \text{ mm}^3$:	$0,00000180 = 10000$ Zellen
Schwammparenchymzellen	$0,028$ " :	$0,00000260 = 10800$ "
		Sa. 20800 "

Zellenzahl von Pa. und Sch. im ganzen Blatte.		
Palissadenzellen	66 mm^3 :	$0,00000180 = 36600000$
Schwammparenchymzellen	102 mm^3 :	$0,00000260 = 39200000$
		Sa. 75800000 Zellen.

g. Bestimmung der Chloroplastenzahl und -Oberfläche des Pa. und des Schw.- 40 Zählungen ergaben in den Palissadenzellen je 10, in den Schwammparenchymzellen je 15 Chloroplasten.

Chloroplastenzahl von Pa. und Sch. in einem mm^2 Blattausschnitt.		
Palissadengewebe	$10000 \cdot 10 =$	100000 Einzelchloropl.
Schwammgewebe	$10800 \cdot 15 =$	162000 "
		Sa. 262000 "

Chloroplastenzahl von Pa. und Sch. im ganzen Blatte.		
Palissadengewebe	$36600000 \cdot 10 =$	366000000 Einzelchloropl.
Schwammgewebe	$39200000 \cdot 15 =$	588000000 "
		Sa. 940000000 "

h. Oberfläche der Chloroplasten. - Einzelchloroplastenoberfläche = $5660 \cdot 10^{-8}$ mm. Chloroplastenoberfläche in einem mm² Blattausschnitt = $262000 \cdot 5660 \cdot 10^{-8}$ = $14,8 \text{ mm}^2$. Gesamtchloroplastenoberfläche = $940000000 \cdot 10^{-8}$ = 53200 mm^2 .

Hier möchte ich kurz zum Vergleich auf die Zahlen HABERLANDTs (12) hinweisen. HABERLANDT hat für mehrere Pflanzen die Anzahl der Chloroplasten im Palissaden- und Schwammgewebe durch Zählung approximativ bestimmt. Er fand für *Tropaeolum majus* in 1 mm² Blattausschnitt = 383000 Einzelchloroplasten. Auf dem Wege meiner vorhin dargestellten Methode erhielt ich in dem gleichen Blattausschnitt bei derselben Pflanze = 426000 Einzelchloroplasten.

B. DIE INTERZELLULAREN DES BLATTES.

a. Bestimmung des Volumens der Interzellularen.

Das Volumen der Interzellularen wurde nach der von UNGER (34) erdachten Methode bestimmt. Ich benützte zu den Gewichtsbestimmungen die analytische Wage, an deren einem Wagbalken an einer Drahtvorrichtung das Blatt befestigt und später in ein mit Wasser gefülltes Blechgefäß eingetaucht werden konnte. Zunächst ist das Volumen des Blattes zu bestimmen. Das Blatt wurde zuerst in der Luft und gleich darauf in Wasser untergetaucht gewogen. Die Differenz des Gewichtes ist gleich dem Gewicht der verdrängten Wassermasse, die dem Volum des Blattes entspricht. Zu subtrahieren ist noch das Volumen des unter Wasser getauchten Teiles der Drahtvorrichtung, z.B.

Ein Blatt von *Aucuba japonica*.

Gewicht der Drahtvorrichtung in Luft 4529 mgr

" " " " Wasser 4510 "

Gewichts-Volumen des untergetauchten Drahtes: 19 " oder mm³

Gewicht von Blatt u. Draht in Luft = 5639

" " " " " Wasser 4315

Gewichtsverlust (Volumen) 1324 mgr oder mm³

Volumen des Drahtes subtrahiert 19 mgr

Volumen des Blattes: 1305 mgr oder mm³

Die Temperatur des Wassers betrug während der Wägung 18°. Damit ist folgende Korrektur anzubringen:

bei 18° 1 mgr Wasser = 1,00131 mm³

1305 " " = 1306,5 "

Also Blattvolumen: 1306,6 "

Nun ist das Volumen der Interzellularen zu bestimmen. Zu diesem Zwecke wird das Blatt mit Wasser injiziert. Zum Entfernen der Luft benützte ich die Wasserstrahl-Luftpumpe. Das Aufsteigen von Luftblasen zeigt das Entweichen der Luft an. Bei längerer Fortdauer des Saugens sammelt sich auch die Luft, welche im Wasser enthalten ist, in Bläschenform an der Blattfläche und an den Wänden des Gefäßes an. Es ist nicht möglich, diese Blasen später ganz zu entfernen, doch stören sie die Injektion nicht. Zweckmässig ist es, das Wasser schon vorher einmal zu entlüften, oder abgekochtes Wasser zu nehmen. Lässt man nun die Aussenluft wieder Zutreten, so wird das Blatt mit Wasser injiziert und erscheint gläserig und durchsichtig. Es wird auf's neue unter Wasser gewogen. Die Gewichtszunahme gegenüber dem nicht injizierten Blatte rührt von der Erfüllung der Interzellularen mit Wasser her. Dieses ist in die Interzellularräume eingedrungen. Sein Volumen ist gleich dem Interzellularvolumen.

Blatt von *Aucuba japonica*.

Gewicht des injizierten Blattes in Wasser: 4635 mgr

" " nicht " " " " 4315 "

Gewichtszunahme (Gewicht des injiz. Wassers) = Vol. d. Int. 320 " = 320 mm³

Volumen des injizierten Wassers = Volumen der Interzellularen = 320 mm³.

mit Temperaturkorrektur Vol. d. Blattes 1305 mm³ d.i. 24.5%

" " Interzellul. 320,3 mm³

ohne " " Blattes 1305 mm³ d.i. 24.5%

" " Interzellul. 320 mm³

Eine Temperaturkorrektur erscheint demnach für meine Zwecke überflüssig. Das Blatt von *Aucuba japonica* ist ein grosses Objekt. Bei kleinen Blättern wurden mehrere gemeinsam bestimmt.

Luftblätter von *Hippuris vulgaris*.

1. Versuch. 14 Blätter.		
Gewicht in Luft	2051,5 mgr	
" " Wasser	1943,5 "	
Gewichtsverlust	108 "	
Drahtvolumen subtrahiert -	21 "	
Volumen d. 14 Blätter	87 "	= mm ³
Injizierte Blätter	1970 "	
Nicht injizierte Bl.	1943,5 "	
Volumen der Interz.	26,5 "	= mm ³
Ein Blatt: Volumen =	6,21 "	
Interzellularen	1,89 "	= 30,4%

2. Versuch. 13 Blätter.		
2047,5 mgr		
1946 "		
101,5 "		
-21 "		
80,5 "		= mm ³
1967 "		
1946 "		
21 "		= mm ³
6,19 "		
1,61 mm ³		= 26,0%

Diese Schwankung in der Prozentzahl beruht z.T. in einer verschiedenen Individualität des Blattes, z.T. auf unvermeidlichen Fehlern. Ich werde darum die Fehler besprechen, die dieser Methode anhaften. UNGER geht in seiner Abhandlung auf's genaueste auf diese Fehler ein. Folgende führt er an:

1. Imbibition der Zellen während der Wasser-Injektion; darum Vermehrung des Gewichtes bei der Bestimmung der injizierten Wassermenge und als Folge eine zu grosse Volumzahl für die Interzellularen.

2. "Auch die luftführenden Spiralgefässe werden mit Wasser erfüllt". Das ergibt ebenfalls eine zu grosse Volumzahl.

3. Unvollkommene Injektion, und daher eine zu kleine Volumzahl.

Zu 1): Was den ersten Fehler betrifft, so lässt sich derselbe nicht vermeiden. Eingeschränkt wird er, wenn die Blätter in voller Turgeszenz bestimmt werden. Nach dem Abschneiden sind sie sogleich unter eine feuchte Glasglocke zu bringen und die Wägung muss alsdann in der Luft möglichst schnell geschehen. Wie die Verdunstung die Werte beeinflusst, zeigen folgende Beispiele (die Blätter lagen unter der feuchten Glasglocke und wurden zu den angegebenen Zeiten gewogen).

<i>Syringa vulgaris</i> : 9,15 h = 2290 mgr	<i>Hedera Helix</i> : 7,25 h = 4778 mgr
9,20 h = 2287 "	9,0 h = 4773 "
10,5 h = 2284 "	

Tropaeolum majus: Dieses Blatt nimmt während des Wägens an Gewicht ab.

Zu 2): Dieser Fehler wird unbedeutend, da die Gefässe im normalen Blatte schon fast völlig mit Wasser erfüllt sind.

Zu 3): Diese Fehlerquelle ist wohl zu beachten. Oft ist mehrfache Injektion nötig; vorheriges Einschnitten und Anstechen erleichtert das Eindringen des Wassers. Unterschiedlich erfolgt die Injektion: einmal sehr schnell bei einer Reihe von Blättern (*Calla*, *Parnassia*, *Nuphar*, *Hydrocotyle*, *Tropaeolum*), zum andern ist ein stundenlanges Verbleiben der Blätter im Wasser nötig (*Syringa*, *Fagus*, *Prunus*). Warmes Wasser fördert die Injektion. In den später aufgeführten Blättern gelang eine vollkommene Infiltration.

Um weitere Ungenauigkeiten zu vermeiden, ist das Blatt vor dem Wägen durch Abpinseln von anhaftenden Staubteilchen zu reinigen, ausserdem sind unter Wasser dem Blatte anhaftende Luftbläschen zu entfernen. Schlecht benetzbare Blätter (verursacht durch Behaarung, Wachsüberzug) können vorher in warmes Wasser oder Alkohol eingetaucht werden (*Tropaeolum*, *Daphne*).

Zuletzt haftet meinen Bestimmungen ein Fehler an, weil es mir nicht gelang, an der 3. Stelle nach dem Komma Genauigkeit beim Wiegen zu erzielen. Es lag dies hauptsächlich an der Adhäsion zwischen Wasser und Draht. Das bedeutet z.B. für *Hippuris vulgaris* (siehe Versuch 2, Seite 461) folgendes:

13 injizierte Blätter: statt 1967 mgr. auch 1968 mgr.

nicht " " " 1946 " " 1945 "

Volumen d. Interzellularen 21 mm³ " 23 mm³

Ein Blatt, Volumen d.

Interzellularen

1,61 mm³"

1,77 mm³

d. i. statt

26,0% "

28,5% d. Blattvolums.

Unterschied 2,5%

Also ein Schwanken um 2,5%. *Hippuris* ist ein kleines Objekt. Bei grossen Objekten, und das sind die meisten, ist die Schwankung geringer, z.B.

Aucuba japonica (siehe Seite 460).

Injiziertes Blatt 4635 mgr. auch 4633 mgr

Nicht " " 4315 " " 4317 "

Interzellularen 320 " 316 " = mm³

d. i. statt 24,5% " 24,2% des Blattvolums.

Unterschied: 0,3%.

Von kleinen zu grossen Blättern ist danach ein Schwanken der Prozentwerte um 2,5% oder 0,3% möglich, im Mittel also um 1,5%. Folglich kann ich von 2 Blättern, deren Interzellularenvolumen 23% und 24,5% oder 18% und 16,5% des Blattvolumens beträgt, aussagen, dass sie gleiche Interzellularenvolumina besitzen.

B. Das Interzellularenvolumen während der Entwicklung.

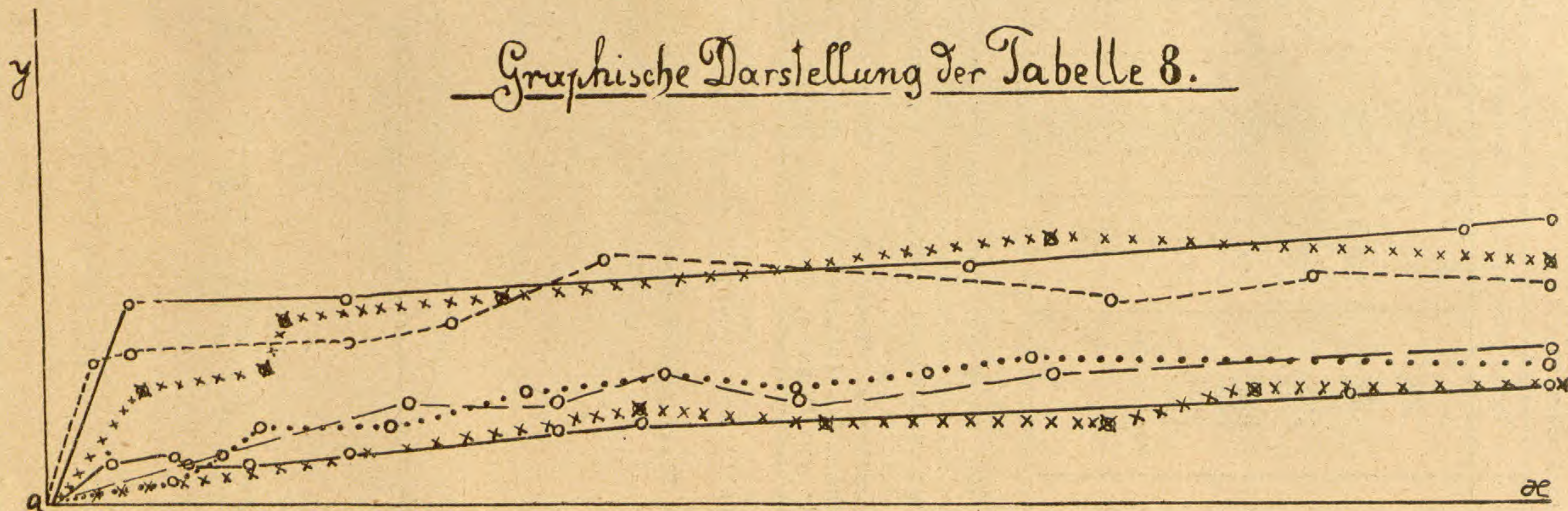
Der Quotient $\frac{29}{3}$ bedeutet $\frac{\text{Volumen des Blattes}}{\text{Volumen der Interzellularen}}$.

Alle Zahlen sind Mittelwerte aus 3 oder 4 Bestimmungen. *Syringa* und *Pirus* als Vertreter der laubabwerfenden Sträucher und Bäume, *Daphne* als Schattenstrauch, *Hedera* als Vertreter des wintergrünen Blattes, *Ficaria*, *Caltha* und *Calla* als schatten- und feuchtigkeitsliebende Kräuter, *Nuphar* und *Limnanthemum* als Schwimmblätter und *Sedum* als Blatt sukkulenter Pflanzen. Die Messungen ergeben folgende Werte:

8. Tabelle.

Syringa vulgaris		Daphne mezereum		Pirus		Hedera Helix		Ficaria verna		Caltha palustris	
	%		%		%		%		%		%
$\frac{29}{2}$	6,9	$\frac{31}{5}$	16,1	$\frac{378}{35}$	14	$\frac{56}{2}$	3,5	$\frac{13}{2,9}$	23	$\frac{36}{3}$	8,3
$\frac{55}{4}$	7,3	$\frac{45}{8}$	17,7	$\frac{476}{72}$	14	$\frac{78}{6}$	7,8	$\frac{37}{8,9}$	24,3	$\frac{61}{10}$	14,7
$\frac{66}{4,5}$	6,8	$\frac{64}{11,5}$	17,9	$\frac{649}{93}$	14	$\frac{106}{13}$	12,2	$\frac{79}{20}$	25,3	$\frac{82}{15}$	18,3
$\frac{120}{8}$	6,6	$\frac{93}{21}$	22,5	$\frac{672}{102}$	15	$\frac{182}{22}$	12	$\frac{99}{27}$	27,2	$\frac{177}{34}$	19,2
$\frac{178}{14}$	7,8	$\frac{128}{34}$	26,5	$\frac{712}{137}$	19,2	$\frac{262}{48}$	18,3	$\frac{147}{56}$	38	$\frac{304}{81}$	26,6
$\frac{294}{36}$	12,2	$\frac{132}{38}$	28,7	$\frac{927}{186}$	20	$\frac{331}{69}$	20,8	$\frac{279}{92}$	32,9	$\frac{566}{124}$	22
$\frac{352}{48}$	13,6	$\frac{130}{35}$	26,9			$\frac{414}{78}$	18,8	$\frac{314}{117}$	37,2	$\frac{2070}{538}$	25,5
$\frac{748}{145}$	18,4					$\frac{472}{105}$	22,2	$\frac{392}{135}$	34,5		
$\frac{881}{178}$	20,4					$\frac{536}{133}$	24,8				
						$\frac{820}{206}$	25,1				

Graphische Darstellung der Tabelle 8.



Calla 148	538	1300	1570	2398-2630
Ficaria 13.37	79	99	147	196
Limnane 145	300	598	980	1287
Syringa 29	55.66.120	178	294	352
Daphne	31	45	65	93
Hedera	65.78.106	182	262	331
Pirus	378	460	672	712

In dieser Darstellung sind alle Werte auf ein einheitliches Blattvolumen reduziert. Auf der Abszisse ae sind die Volumina der Blätter in mm^3 abgetragen, auf der Ordinate y die Volumina der Intergellularen in % des Blattvolumens.

10. Tabelle.

$x = \frac{\text{Volumen des Blattes}}{\text{Volumen der Interzellularen}}$; $z\% = \% \text{ des Blattvolumens.}$

<u>Schwimmblätter.</u>			<u>Blätter von Pflanzen auf trockenem Standort und suk-</u>	
			<u>kulente Blätter.</u>	
Nuphar luteum, Blatteile		32,2%	Linaria	$\frac{23}{6,4}$ 27,8%
Nymphaea alba		43,8%	vulgaris	$\frac{582}{125}$ 21,4%
Limnanthemum	$\frac{1287}{545}$	42,3%	Galeopsis	$\frac{2150}{128}$ 5,9%
Hydrocharis	$\frac{428}{177}$	41,3%	ochroleuca	$\frac{3670}{616}$ 16,7%
morsus ranae			Sempervivum	$\frac{1010}{247}$ 24,4%
<u>Untergetauchte Blätter</u>			tectorum	$\frac{1330}{150}$ 11,2%
(Bestimmung ungenau)			Sedum	
Nuphar luteum		15-22%	telephium	
Hippuris vulgaris	$\frac{3}{0,15}$	5%	Aster	
Ranunculus	$\frac{34}{3}$	8%	maritima	
aquatilis			Atriplex	
Litorella	$\frac{206}{110}$	53,4%	maritima	
lacustris			<u>Blätter v. wintergrünen Pflanzen.</u>	
<u>Luftblätter von im Wasser wachsenden Pflanzen.</u>			Buxus	$\frac{36,5}{6,17}$ 16,9%
Nuphar luteum		39%	sempervirens	$\frac{1610}{370}$ 22,9%
Nymphaea alba		52%	Aucuba	$\frac{1183}{283}$ 23,9%
Menyanthes	$\frac{958}{361}$	37,6%	japonica	$\frac{2750}{680}$ 24,7%
trifoliata			Hedera	$\frac{1062}{294}$ 27,5%
Alisma	$\frac{1850}{513}$	27,7%	Rhododendron	$\frac{1570}{405}$ 25,7%
Plantago			ponticum	$\frac{452}{100}$ 22,1%
Calla	$\frac{2638}{1248}$	47,3%	Berberis	$\frac{240}{58}$ 24,1%
palustris			aquifolium	$\frac{1358}{311}$ 22,9%
<u>Blätter von Pflanzen auf feuchtem schattigem Standort.</u>			Vinca	
Majanthemin	$\frac{502}{93}$	18,5%	minor	
bifolium			Camellia	
Parnassia	$\frac{284}{131}$	46,1%	japonica	
palustris			<u>Blätter von sommergrünen Bäumen.</u>	
Hydrocotyle	$\frac{327}{79}$	24,1%	Fagus silvatica	$\frac{458}{78}$ 17%
vulgaris			Sonnenblatt	$\frac{338}{80}$ 23,3%
Caltha	$\frac{1580}{407}$	25,8%	Fagus silvatica	$\frac{290}{56}$ 19,5%
palustris			Sonnenblatt	$\frac{290}{87}$ 30,0%
Ficaria	$\frac{392}{135}$	34,5%	Schattenblatt	$\frac{712}{137}$ 19,2%
verna			Juglans regia	$\frac{736}{166}$ 22,5%
<u>Interzellularen einiger Blütenblätter.</u>			Schattenblatt	$\frac{850}{147}$ 17,2%
Nuphar	$\frac{590}{166}$	28,1%	Prunus	
luteum			Persica	
Nymphaea	$\frac{890}{458}$	51,4%		
alba				
Lilium	$\frac{1180}{435}$	37,7%		
candidum				
Lilium	$\frac{630}{258}$	40,1%		
bulbiferum				

zeigen. Tropische Pflanzen und einjährige Pflanzen eines kälteren Klimas besitzen bei kräftiger Transpiration ein sehr "lakunöses" Schwammparenchym, das aber eingeschränkt wird, wenn eine schwächere Transpiration notwendig erscheint. STAIN (31) äussert, dass Verdunstungsgrösse und Grösse der Interzellularen sich gegenseitig beeinflussen. KOHL (17) und EBERT (6) sehen mehr oder minder grosse Interzellularen als Folge grösserer oder geringerer Transpiration entstehen. HABERLANDT¹⁾ und WARMING²⁾ sprechen von einer Beziehung der Dimensionen der Interzellularen zu den ökologischen Verhältnissen, so dass, je trockener Klima und Boden sind, und damit die Gefahr zu grosser Verdunstung besteht, die Interzellularen sich verengen; an feuchten und schattigen Standorten sei es für die Pflanzen angezeigt, das Schwammparenchym mit grossen Lufträumen recht mächtig zu entwickeln, weil durch die äusseren Verhältnisse die Intensität der Verdunstung sehr herabgesetzt wird. KNY stellt fest, dass das Schwammparenchym und damit die Interzellularen den Bedürfnissen der Verdunstung angepasst sind.

Aus diesem kurzen Hinweis auf die Ansichten der verschiedenen Forscher geht hervor, dass die obige Frage bejahend beantwortet wird. Ausser bei UNGER und STAHL findet sich nirgends eine zahlenmässige Angabe über die Grösse der Interzellularvolumina. Was über die Grösse der Interzellularen ausgesagt wird, gründet sich allein auf das ebene Schnittbild des Mikroskops. Wohl ist zunächst physikalisch zu verstehen, dass mit wachsenden Interzellularen die Möglichkeit grösserer Verdunstung gegeben ist, weil die Verdunstungsfläche sich vergrössert, denn für die Verdunstungsfläche ist nur die Form der Interzellularen von Bedeutung, aber für die Regelung der Transpirationsgrösse stehen dem Blatte neben der Veränderung in der Grösse des Interzellularvolumens weitere Einrichtungen zur Verfügung. Zunächst sei auf die Ausbildung des Spaltöffnungs-Apparates hingewiesen. Schon PFEFFER hebt die Wichtigkeit desselben hervor, und RENNER³⁾ kommt in seinen eingehenden, über den Vorgang der Verdunstung Klarheit bringenden Untersuchungen zu dem Schluss, dass in letzter Linie die Ausbildung der Spaltöffnungen für die Transpirationsgrösse massgebend sei. Von grosser Bedeutung für die Regelung der Transpiration sind weiterhin Bau der Epidermis, Cuticula, Hypodermis, Behaarung und Zusammensetzung der Zellmembran. Es ist darum wohl die Erwägung berechtigt, ob grosse Interzellularen auch an trockenen, die Verdunstung fördernden und damit die Gefahr der Vertrocknungen erhöhenden Orten vorkommen können, wenn die Blätter in den eben genannten Strukturverhältnissen wirksame Schutzmittel ausbilden. Das Gegenteil würde an feuchten, schattigen, die Verdunstung hemmenden Orten zutreffen. Ich möchte von dieser Ansicht ausgehend Tabelle 10 besprechen:

Interzellularen in		Zahl der Spaltöff-	Interzellularen in		Zahl der Spaltöff-
% des Blattvolumens		nungen pro mm ²	% des Blattvolumens		nungen pro mm ²
<u>Fagus silvatica</u>			<u>Nuphar luteum</u>		
Schattenbl.	23,3%	160	Schwimmb.	33,2%	480
Sonnenbl.	17,0%	400	Luftbl.	39,0%	550
			<u>Nymphaea alba.</u>		
			Schwimmb.	43,8%	330
			Luftbl.	52,6%	450

Die Transpiration muss bei dem Sonnenblatt von *Fagus* und den Luftblättern von *Nuphar* und *Nymphaea* unbedingt grösser sein, als bei dem Schattenblatt bzw. den Schwimblättern, denn letztere haben weniger Spaltöffnungen und die Messung derselben ergibt keine Unterschiede gegenüber denen der ersteren, dazu ist die Luft, welche Schwimm- und Schattenblätter umgibt, feuchter und weniger bewegt. Während man bei *Fagus* eine Abnahme des Interzellularvolumens festzustellen ist,

1) HABERLANDT, Physiologische Pflanzenanatomie (Leipzig 1918), insbes. S. 406 ff.
 2) WARMING-JOHANNSEN, Lehrb. d. Allgem. Bot. (Berlin 1904), insbes. S. 201-203.
 3) RENNER, Beiträge zur Physik d. Transpiration in Flora C (1910), bes. S. 505.

zeigen *Nuphar* und *Nymphaea* ein starkes Anwachsen derselben. *Linaria* und *Galeopsis* wachsen als Sandpflanzen an Orten, wo die Bedingungen für starke Transpiration und als Folge davon die Verringerung der Lufträume gegeben ist, aber ihre Interzellularvolumina stehen anderen Pflanzen (*Caltha*, *Alisma*) nicht nach. Auch die Pflanzen mit immergrünen Blättern gedeihen häufig unter den gleichen Aussenbedingungen wie *Linaria* und *Galeopsis*, und sie entwickeln dennoch im Mittel 24% Interzellularen (*Hydrocotyle* hat auf sumpfigem Boden ebenfalls 24% Interzellularen). Ferner möchte ich noch folgendes anführen: *Nuphar* (32,2%) und *Linaria* (27,8%, trockener, sonniger Standort) nähern sich in ihrem Interzellularvolumen. *Parnassia* (46%, feuchter Standort) übertrifft das Interzellularvolumen des Schwimmblattes von *Nuphar* bei weitem. *Majanthemum bifolium* (18,5%, feuchter, schattiger Standort) hat gleiche Interzellularen mit *Fagus* (Sonnenblatt 17%). *Hedera Helix* (24,7%, sonnige Mauer) und *Caltha palustris* (25,8%, feuchter Standort) besitzen dieselben Prozentwerte. *Ficaria verna* (34,5%) entwickelt weit grössere Interzellularen als *Alisma* (27,7%, im Wasser wachsend). Das Schattenblatt von *Prunus serotina* (30%) nähert sich dem Schwimmblatt von *Nuphar* (32,2%). - Hinzugefügt sei noch, dass BRENNER (3) grosse (nicht zahlenmässig bestimmte) Interzellularen bei *Sempervivum assimile* fand (gegen die allgemeine Ansicht von der Kleinheit der Interzellularen bei Xerophyten), und HEINRICHER (14) berichtet, dass bei isolateralen Blättern trockener Standorte "häufig das lockere Gefüge des Mesophylls auffällt" (*Armeria vulgaris*, *Genista tinctoria*, *Centaurea jacea*, *Scabiosa ucrainica*). - Zusammenfassend lässt sich sagen, dass eine einfache Beziehung zwischen Standort und Grösse der Interzellularvolumina oder zwischen letzteren und Grösse der Transpiration nicht besteht. Das Interzellularvolumen ist nur ein Faktor in der Reihe der Blattstrukturen, die in verschiedenartigster Kombination die Transpirationsgrösse bestimmen. Oder man kann auch folgern, dass die Bedürfnisse der Transpiration und des Transpirationsschutzes nicht die einzigen für die Ausbildung der Interzellularsysteme wirksamen Faktoren sind.

E. Gekammerte und nicht gekammerte Interzellularsysteme.

Wird nach Wiederherstellung des atmosphärischen Druckes der Fortgang der Wasserinjektion beobachtet, so ist festzustellen, dass bei einigen Blättern die Injektion plötzlich und vollkommen stattfindet, bei anderen dagegen das Wasser langsam entlang den Rippen vordringt. Bei der ersten Art erfolgt eine Injektion nur, wenn die Blätter vollständig untergetaucht sind; bei der zweiten wird auch der unter Wasser befindliche Teil injiziert, wenn selbst grössere Teile des Blattes aus dem Wasser hervorragen. Über die "Wegsamkeit des Mesophylls" berichtet eingehend NEGER (22). Ergänzend zu dessen Beobachtungen will ich noch hervorheben, dass bei Blättern, die auf der Ober- und Unterseite Spaltöffnungen haben, jedesmal die Injektion unterbleibt, wenn nur die eine Seite ins Wasser getaucht wird; es besteht also hier eine durchgehende Verbindung von der Oberseite zur Unterseite. Den ersten Typus (Injektion plötzlich und vollkommen) fand NEGER bei immergrünen Nadelhölzern und bei wintergrünen Laubhölzern. Meine Bestimmungen zeigen, dass dieser Typus auch bei Schwimmblättern und bei Blättern feuchter Standorte weit verbreitet ist (*Nuphar*, *Nymphaea*, *Calla*, *Limnanthemum*, *Parnassia*, *Alisma* - Ausnahmen: *Caltha*, *Hydrocotyle*, *Menyanthes*). Der zweite Typus (Injektion entlang den Rippen) gilt für die sommergrünen Laubblätter und Blätter von krautigen Pflanzen (*Fagus*, *Prunus*, *Daphne*, *Tropaeolum*, *Ficaria*). NEGER bezeichnet den ersten Typus als homobarisch, den zweiten als heterobarisch, weil einmal in allen Teilen derselbe Druck, zum anderen verschiedener Druck herrschen soll. Ich möchte diese Bezeichnung nicht anwenden, da nicht einzusehen ist, warum bei dem zweiten Typus in den mehr oder weniger grossen durch die Rippen getrennten Räumen verschiedene Drucke entstehen sollen. Ich ziehe darum die keine derartige Voraussetzung fordernde Bezeichnung "gekammerte" (NEGER: heterobarisch) und "nicht gekammerte" (NEGER: homobarisch) Interzellularsysteme vor. Die Tatsache, dass die Wasser- und Sumpfpflanzen nichtgekammerte Interzellularsysteme besitzen, widerlegt die ökologische Deutung, die NEGER für den Typus gibt: "Blätter, die

den Gefahren übermässiger Transpiration ausgesetzt sind, emanzipieren sich mehr oder weniger von der zeitweise ausserordentlich trockenen Aussenluft, indem sie eine das Mesophyll umgebende Atmosphäre schaffen (d.s. Blätter der Nadelhölzer, sowie Blätter der Hartlaubvegetation). Krautige, nur eine Vegetationsperiode tätige Blätter haben dazu keine Veranlassung". Überhaupt scheint mir diese Deutung unwahrscheinlich oder unklar, da doch auch Blätter mit gekammertem Interzellularsystem eine das Mesophyll umgebende Atmosphäre besitzen.

C. ÜBER SONNEN- UND SCHATTENBLÄTTER.

In der neueren Literatur behandeln besonders NORDHAUSEN (23) und SCHRAMM (30) eingehend den anatomischen Bau und die Entwicklung der Sonnen- und Schattenblätter. HESSMER (15) untersuchte anatomisch die Sonnen- und Schattenblätter immergrüner Pflanzen. Hier will ich nun durch Volumbestimmung das Charakteristische der beiden Blattyphen kennzeichnen. Die Zahlenwerte sind Mittelwerte aus 3 - 4 Blättern. Die Blätter wurden der gleichen Stelle des Sprosses entnommen. Das erscheint wichtig, da nach NORDHAUSEN (durch Untersuchung an Blättern der Buche) die Blätter eines Sprosses im Grössenverhältnis schwanken, mit einem Minimum beginnen, nach der Spitze zu ein Maximum erreichen und darüber hinaus wieder etwas abnehmen, und ferner, da die Blätter der Lichtsprosse nach der Sprossbasis zu die Tendenz zur Ausbildung von Schatten-Merkmalen zeigen.

Tabelle 11 (Seite 470-471) zeigt, dass das Sonnenblatt bei grösserem Volumen eine kleinere Gesamtoberfläche als das Schattenblatt hat. Die spezifische Oberfläche (Oberfläche : Volumen = $O : V$) beträgt beim Sonnenblatt 10,9, beim Schattenblatt 21,3. Die Epidermis des Sonnenblattes nimmt nur einen geringeren Prozentwert des Blattes ein, sie ist aber dennoch stärker als die des Schattenblattes, da auf 1 mm² Blattfläche 0,023 mm³ gegenüber 0,018 mm³ des Schattenblattes entfallen. Das Schwammparenchym des Schattenblattes ist kräftig entwickelt, mit 30,1% überragt es um 7% das des Sonnenblattes, anders aber bleibt sein Palissadenparenchym, welches 19,5% des Blattvolumens beträgt, weit hinter dem des Sonnenblattes (42,3%) zurück. Der Mesophyllquotient ($Pa : Sch$) des Sonnenblattes ist gleich 1,78; der des Schattenblattes 0,64. Das Sonnenblatt hat ein um 6% geringeres Interzellularvolumen als das Schattenblatt.

Aus Tabelle 12 (Seite 470-471) geht hervor, dass die Pa_1 -Zellen des Sonnenblattes ein grösseres Volumen besitzen als seine Pa_2 -Zellen. Die Pa_1 -Zellen des Schattenblattes haben gleiches Volumen mit den mehr oder weniger gestreckten prismatischen bis kegelförmigen Pa_2 -Zellen des Sonnenblattes. Das Membranvolumen aller Mesophyllzellen stellt sich auf rund 20% des Zellvolumens. Somit bleibt für das reine Zellvolumen 80% übrig. Die Cytoplasma-Chloroplastenrelation ist im Sonnen- und Schattenblatt eine ähnliche; gleichzusetzen ist die Relation der Pa_2 Zellen des Sonnenblattes und der Pa_1 Zellen des Schattenblattes.

Nach Tabelle 13 (Seite 470 - 471) ist das Einzelchloroplastenvolumen des Sonnenblattes kleiner als das Einzelchloroplastenvolumen des Schattenblattes. Mit dieser Volumverminderung des Einzelchloroplasten ist ein Zuwachs in der Anzahl d. Zellchloroplasten festzustellen. Die Verringerung des Einzelchloroplastenvolumens, verbunden mit einem Anwachsen in der Zahl der Zellchloroplasten, trägt wesentlich zur Vergrösserung der Gesamtchloroplastenoberfläche bei: z.B. 100 Einzelchloroplasten des Schattenblattes entwickeln bei einem Volumen von $2950 \cdot 10^{-8}$ mm³ eine Oberfläche von 0,00566 mm²; auf das gleiche Volumen ($2950 \cdot 10^{-8}$ mm³) entfallen 135 Einzelchloroplasten des Sonnenblattes mit einer Oberfläche von 0,00631 mm². In einem mm² des Blattausschnittes des Sonnenblattes beträgt die Gesamtchloroplastenoberfläche 31 mm², im Schattenblatt nur 14,8 mm², also rund die Hälfte. Das Schattenblatt hebt diesen Nachteil zum Teil durch stärkere Vergrösserung der Gesamtblattoberfläche wieder auf, insgesamt bleibt aber seine Gesamtchloroplastenoberfläche (53000 mm²) stark hinter der des Sonnenblattes (770000 mm²) zurück. HABERLANDT (12) setzt quantitative Ausbildung des Chlorophyllapparates und jeweilige Assimilationsenergie in Beziehung zueinander. Er stellt bei seinen Untersuchungen die Anzahl der Chloroplasten fest. Ich möchte hier die Gesamtchlo-

11. Tabelle. *Fagus silvatica*.

Blatt, Epidermis, Mesophyll, Interzellularen, Rippen.

Pa₁ = 1. Zellreihe des Palissadengewebes im Sonnen- resp. Schattenblatt.Pa₂ = 2. " " " " " " " "

	Gesamtober- fl. d. Bl. mm ²	Volumen d. Blattes mm ³	Spezif. Ober- fl. $\frac{O}{V}$	Volumen von			
				Ep mm ³	Pa ₁ mm ³	Pa ₂ mm ³	Sch mm ³
Sonnenblatt	4980	458	10,9	57	128	66	109
	7200	338	21,3	67	66		102

12. Tabelle. *Fagus silvatica*.

Die Mesophyllzellen und ihre Zellbestandteile.

		Zellvolumen einer Zelle aus dem:			Cytoplasmavolumen einer Zelle aus dem:	
		Pa ₁	Pa ₂	Sch		
Sonnenblatt	Mit Membr.	243.10 ⁻⁸	194.10 ⁻⁸	330.10 ⁻⁸	32.10 ⁻⁸	22.10 ⁻⁸
	ohne "	192. mm ³	155. mm ³	270. mm ³	mm ³	mm ³
Schattenblatt	mit "	180.		260.	21.	
	ohne "	147.		210.		

13. Tabelle. *Fagus silvatica*.

Die Chloroplasten.

	Volumen der Ein- zelchloropl. mm ³	Oberfläche der Einzelchloropl. mm ²	Zahl der Zellchloropl.		
			Pa ₁	Pa ₂	Sch
Sonnenblatt	2,180 . 10 ⁻⁸	4680 . 10 ⁻⁸	17	13	15
Schattenblatt	2,950. "	5660 . "	10		15

roplastenoberfläche beider Blätter miteinander vergleichen, denn für den Assimilationsvorgang ist die Chloroplastenoberfläche, nicht Zahl und Volumen der Einzelchloroplasten, massgebend (siehe unten). Es ergibt sich danach das Verhältnis 77 : 53, d.h. wird die Assimilationsenergie in Hinblick auf die Gesamtchloroplastenoberfläche beim Schattenblatt = 1 gesetzt, so ist die Assimilationsenergie des Sonnenblattes 1,45 mal so gross. - Zum Schluss will ich noch die Berechnungen der Tabelle 13a (Seite 471) anstellen. Die Werte gelten für 1 mm² Blattflächenausschnitt.

Diese Berechnung der Tabelle 13a ergibt, dass in demselben Quantum oder Gesamtvolumen (hier 0,10 mm³) von vielen Einzelzellen sich beim Sonnenblatt wie auch beim Schattenblatt eine gleiche Gesamtoberfläche der in diesem Volumen befindlichen Einzelchloroplasten befindet.

11. Tabelle. *Fagus silvatica*.

Blatt, Epidermis, Mesophyll, Interzellularen, Rippen

Pa₁ = 1. Zellreihe des Palissadengewebes im Sonnen- resp. Schattenblatt.Pa₂ = 2. " " " " " " " "

Pa Sch	Volumen		In Prozenten des Blattvolumens					
	von Interzel- lularen mm ³	von Haupt- rippen mm ³	Ep	Pa ₁	Pa ₂	Sch	Intz	Rip
1,78	78	20	12,4	27,9	14,4	23,8	17,0	4,3
0,64	80	23	19,8	19,5		30,1	23,6	6,9

12. Tabelle. *Fagus silvatica*.

Die Mesophyllzellen und ihre Zellbestandteile.

Zellchloropl.-Vol. einer Zelle aus dem Pa ₁ Pa ₂		Relation Cytopl.- Zellchloro- vol. : pl.Volum.	Membranvolumen einer Zelle aus dem Pa ₁ Pa ₂ Sch		
37 . 10 ⁻⁸	28 . 10 ⁻⁸	Pa ₁ 1 : 1,15	51 . 10 ⁻⁸	39 . 10 ⁻⁸	60 . 10 ⁻⁸
		Pa ₂ 1 : 1,27			
29 . "		Pa ₁ 1 : 1,38		33 . "	50 . "

13. Tabelle. *Fagus silvatica*.

Die Chloroplasten.

Zahl der Chloroplasten in einem Blatt- ausschnitt von 1 mm ²			Oberfläche der Chloropl.	
			in 1 mm ² Blattaussch.	im ganzen Blatt
Pa ₁ 334000	Pa ₂ 161000	Sch 181000	31	77000
Pa ₁ 100000		162000	14,8	53200

Tabelle 13a. *Fagus silvatica*.

Sonnenblatt	Schattenblatt
1 mm ² Blattflächenausschnitt	1 mm ² Blattflächenausschnitt
Volumen = 0,182 mm ³	0,094 mm ³
Interzellularrvolumen = 0,031 "	0,022 "
Es bleiben Zellvolum. 0,151 "	0,072 "
In 0,15 mm ³ Zellvolumina entwickelt sich	In 0,072 mm ³ Zellvolumina
eine Chloroplastenoberfläche von 31 mm ²	Chloroplastenoberfläche von 14,8 mm ²
Also: 0,15 mm ³ Zellvolumina.....31 mm ²	Also: 0,072 mm ³14,8 mm ²
Chloroplastenoberfläche	
0,10 " Zellvolumina 20,6 mm ²	0,10 mm ³21 "

Prunus serotina.

Die Messungen bestätigen die Befunde von *Fagus silvatica*. Alle Berechnungen sind dieselben (Tabellen 14, 15, 16, siehe Seite 472 - 473).

14. Tabelle (vgl. Tabelle 11) *Prunus serotina*.
Blatt, Epidermis, Mesophyll, Interzellularen, Rippen.

	Gesamtober- fl. d. Bl. mm ²	Volumen d. Blattes mm ³	Spezif. Ober- fl. $\frac{O}{V}$	Volumen von			
				Ep mm ³	Pa ₁ mm ³	Pa ₂ mm ³	Sch mm ³
Sonnenblatt	3040	290	10,5	46	82	29	59
Schattenblatt	3980	290	13,7	46	40		99

15. Tabelle (vgl. Tabelle 12) *Prunus serotina*.
Die Mesophyllzellen und ihre Zellbestandteile.

		Zellvolumen einer Zelle aus dem:			Cytoplasmavolumen einer Zelle aus dem:	
		Pa ₁	Pa ₂	Sch		
Sonnenblatt	mit Membr.	406.10 ⁻⁸	212.10 ⁻⁸	251.10 ⁻⁸	30 . 10 ⁻⁸	24 . 10 ⁻⁸
	ohne "	334. "	173. "	201. "		
Schattenblatt	mit "	160. "		204. "	19 . "	
	ohne "	127. "		163. "		

16. Tabelle (vgl. Tabelle 13) *Prunus serotina*.
Die Chloroplasten.

	Volumen der Ein- zelchloropl. mm ³	Oberfläche der Einzelchloropl. mm ²	Zahl der Zellchloropl.		
			Pa ₁	Pa ₂	Sch
Sonnenblatt	1,710 . 10 ⁻⁸	4350 . 10 ⁻⁸	27	17	18
Schattenblatt	2,190 . "	5180 . "	12		16

Schattenblätter: grössere Gesamtoberfläche des Blattes, grössere spezifische Oberfläche, mehr Interzellularen (23,6% und 30%), geringere Entwicklung der Gesamtchloroplastenoberfläche (in einem mm² Blattflächenausschnitt 14,8 mm² und 21 mm²), grösseres Einzelchloroplastenvolumen (2,950. 10⁻⁸ mm³ und 2,190. 10⁻⁸ mm³), Mesophyllquotient = 0,64 und 0,40.

Bei beiden Blättern entfällt auf das gleiche Volumen (0,10 mm³), bestehend aus einer Summe von Einzelzellen, eine gleiche Gesamtoberfläche der in diesem Volumen befindlichen Einzelchloroplasten (rund 21 mm²). Weiter lässt sich noch folgendes feststellen: Die Pa₂- und Sch-Zellen des Sonnenblattes haben ein gleiches oder ähnliches Volumen wie die Pa₁- und Sch-Zellen des Schattenblattes. Dasselbe gilt für die Cytoplasma- und Zellchloroplastenvolumina der Pa₂-Zellen des Sonnenblattes und der Pa₁-Zellen des Schattenblattes. Es besteht also, besonders nach Ausschluss der Pa₁-Zellen des Sonnenblattes, eine durchgehende Verwandtschaft zwischen Sonnen- und Schattenblatt. Im Sonnenblatt steckt gleichsam das Schattenblatt, nur ist das Sonnenblatt noch weitergehend differenziert.

D. CHLOROPLASTENVOLUMEN UND OBERFLÄCHE.

(17. Tabelle auf Seite 474.)

14. Tabelle (vgl. Tabelle 11) *Prunus serotina*.

Blatt, Epidermis, Mesophyll, Interzellularen, Rippen.

Pa₁ = 1. Zellreihe des Palissadengewebes im Sonnen- resp. Schattenblatt

Pa₂ = 2. " " " " " " " "

Pa Sch	Volumen		In Prozenten des Blattvolumens					
	von Interzel- lularen mm ³	von Haupt- rippen mm ³	Ep	Pa ₁	Pa ₂	Sch	Intz	Rip
1,88	56	18	15,8	28,2	10	20,3	19,3	6,2
0,40	87	18	15,8	13,7		34,1	30,0	6,2

15. Tabelle (vgl. Tabelle 12) *Prunus serotina*.

Die Mesophyllzellen und ihre Zellbestandteile.

Zellchloropl.-Vol. einer Zelle aus dem		Relation		Membranzvolumen einer Zelle		
Pa ₁	Pa ₂	Cytopl.- vol.	Zellchloro- pl. Volum.	Pa ₁	Pa ₂	Sch
46 . 10 ⁻⁸	29 . 10 ⁻⁸	Pa ₁ 1 :	1,53	72 . 10 ⁻⁸	39 . 10 ⁻⁸	50 . 10 ⁻⁸
		Pa ₂ 1 :	1,20			
26 .		Pa ₁ :	1,36	33 . "		41 . "

16. Tabelle (vgl. Tabelle 13) *Prunus serotina*.

Die Chloroplasten.

Zahl der Chloroplasten in einem Blatt- ausschnitt von 1 mm ²			Oberfläche der Chloropl.	
			in 1 mm ² Blattaussch.	im ganzen Blatt
Pa ₁ 351000	Pa ₂ 151000	270000	33	50000
Pa ₁ 127000		297000	21	41000

Tabelle 16a. (siehe Tabelle 13a. Die Bezeichnungen sind wie in Tabelle 13a)

Sonnenblatt			Schattenblatt		
= 0,190 mm ³					
= 0,036 "					
= 0,154 "					
	0,15 mm	33 mm ³		0,10 mm	21 mm ²
Also	0,15 mm	33 mm ³	Also	0,10 mm	21 mm ²
	0,10 mm	22 mm ³		0,10 mm	21 mm ²

In demselben Volumen (0,10 mm³) von vielen Einzelzellen befindet sich wieder eine gleiche Gesamtoberfläche der in diesem Volumen enthaltenen Einzelchloropl.

Zusammenfassung: Sonnenblätter: kleinere Gesamtoberfläche des Blattes, kleinere spezifische Oberfläche, weniger Interzellularen (17% und 19%), stärkere Entwicklung der Gesamtchloroplastenoberfläche (in einem mm² Blattflächenausschnitt = 31 mm² und 33 mm²), kleineres Einzelchloroplastenvolumen (2,180 . 10⁻⁸ mm³ und 1,710 . 10⁻⁸ mm³), Mesophyllquotient = 1,78 und 1,88.

17. Tabelle.

	Einzelchloropl.		1 mm ² Blattflächenausschn.		Gesamtchloropl.	Gesamt-
	Volum mm ³	Oberfl. mm ²	Zahl der Einzelchloropl.	Gesamt- oberfl. d. Chloropl.	Oberfl. innerhalb d. ganzen Blattes	oberflä- che.
<i>Ficaria verna</i>	2,43.10 ⁻⁸	4820.10 ⁻⁸	247000	10,8 mm ²	14200mm ²	2630mm ²
<i>Leucojum vernum</i>	3,91. "	5770. "	235000	13,5 "	30500 "	4520 "
<i>Fritillaria imper.</i>	2,60. "	4690. "	660000	30,9 "	95100 "	7060 "
" <i>alba</i>	3,26. "	5200. "	470000	24,8 "	19700 "	1592 "
<i>Caltha palustris</i>	4,09. "	7290. "	273000	19,8 "	91400 "	9240 "
<i>Ranunculus aquat.</i>						
Landform	3,96. "	8010. "	215000	17,2 "	1630 "	190 "
Wasserform	2,20. "	4730. "	99500	4,7 "	1120 "	480 "
Schwimmb.	3,80. "	7700. "	499000	38,3 "	15600 "	818 "
<i>Hippuris vulgaris</i>						
Luftblatt	4,17. "	8310. "	234000	19,4 "	388 "	40 "
Wasserblatt	3,05. "	6040. "	72000	4,3 "	180 "	84 "
<i>Fagus silvatica</i>						
Schattenblatt	2,95. "	5660. "	262000	14,8 "	53200 "	7200 "
Sonnenblatt	2,18. "	4680. "	676000	31,0 "	77000 "	4980 "
<i>Prunus serotina</i>						
Schattenblatt	1,71. "	4350. "	772000	33,0 "	50000 "	3040 "
Sonnenblatt	2,19. "	5180. "	424000	21,0 "	41000 "	3980 "
<i>Tropaeol. majus</i>	1,83. "	4650. "	426000	19,8 "	105000 "	11620 "
<i>Linaria vulgaris</i>	1,72. "	4680. "	690000	32,2 "	2060 "	128 "
<i>Genista tinctoria</i>	3,04. "	6350. "	644000	40,8 "	7540 "	370 "
<i>Littorella lacustr.</i>	4,37. "	6730. "	90000	6,0 "	1350 "	450 "

Aus Tabelle 17 ergibt sich, dass das Einzelchloroplastenvolumen keine Abhängigkeit vor der Gesamtblattoberfläche oder dem Blattvolumen (dieses siehe Tabelle 18) zeigt. Kleinvolumige Blätter können grosse Einzelchloroplastenvolumina besitzen (*Genista*, *Hippuris*, Luftblatt) und grossvolumige Blätter kleine Einzelchloroplastenvolumina (*Tropaeolum*). Auch besteht keine Beziehung zwischen Zellvolumen (dieses siehe Tabelle 19) und Einzelchloroplastenvolumen. Die Angehörigen derselben Familie haben wechselnde Grössen der Einzelchloroplastenvolumina. Das zeigen die 3 Vertreter der Liliifloren (*Leucojum*, *Fritillaria imperialis* und *alba*). Ein Zusammenhang zwischen Chloroplasten und natürlichem Verwandtschaftsverhältnis erweist sich nicht. MÖBIUS stellte fest, dass die Chloroplasten der holzigen Pflanzen die kleinsten Durchmesser haben. Ähnliches zeigen die Volumina der Einzelchloroplasten von *Prunus* und *Fagus*. Diese gehören in Tabelle 17 zu den kleineren Einzelchloroplastenvolumina. Hier kann mangels zahlreicher Bestimmungen nur folgendes angedeutet werden: Oben (Seite 471, 472) fand ich, dass die Sonnenblätter kleinere Einzelchloroplastenvolumina besitzen als die Schattenblätter. Die Einzelchloroplastenvolumina der Sonnenblätter stehen in der Reihe der kleinsten in Tabelle 17 gemessenen Einzelchloroplastenvolumina. In diese Reihe können noch *Tropaeolum* und *Linaria*, beides Pflanzen, deren Blätter gleich den Sonnenblättern von *Prunus* und *Fagus* in ihrem anatomischen Bau eine typische Anpassung an starke Lichtintensitäten zeigen, eingefügt werden. So möchte ich die Abhängigkeit der Grösse der Einzelchloroplastenvolumina von biologischen Verhältnissen in Erwägung ziehen, und es bliebe näher zu untersuchen, ob im allgemeinen die Pflanzen, die sich unter kräftiger Beleuchtung entwickeln, die kleineren Einzelchloroplastenvolumina besitzen.

LUBIMENKO (19) stellte in seiner Arbeit "Sur la sensibilité de l'appareil chlorophyllien" durch Vergleich der bei starker Vergrößerung gezeichneten Chloroplasten von *Pinus* und *Betula* (des plantes ombrophobes) mit denen von *Abies* und *Tilia* (des plantes ombrophiles) fest, dass die schattenliebenden Pflanzen die grösseren Einzelchloroplasten besitzen. Auch HESSNER (15) erwähnt auf Seite 55, dass in einigen Fällen konstatiert wurde, dass im Schatten grössere Chlorophyllkörner vorhanden waren (*Buxus sempervirens*, *Azalea Himodegri*). Wie und ob die Autorin die Messungen vornahm, ist aus den Untersuchungen nicht zu ersehen.

Die Moose, die mit der ganzen Blattfläche Kohlensäure aufnehmen, entwickeln eine Gesamtchloroplastenoberfläche, die gleich bis doppelt so gross ist wie die Gesamtoberfläche des Blattes.

Die Kohlensäure aufnehmende Fläche der höheren Pflanzen ist die Interzellularoberfläche. Es wäre nun interessant zu wissen, ob diese Kohlensäure-aufnehmende Interzellularoberfläche zu der Gesamtchloroplastenoberfläche in einem ähnlichen Verhältnis stände, wie die Gesamtoberfläche des Moosblattes zu seiner Gesamtchloroplastenoberfläche. Da es aber zunächst unmöglich ist, die Grösse der Interzellularoberfläche zu messen, kann eine Antwort nicht gegeben werden.

Ein Zusammenhang zwischen Interzellularvolumen und Gesamtchloroplastenoberfläche besteht nicht. Für beides sind die Werte, die auf 1 mm² Blattflächenausschnitt entfallen, in Tabelle 18 angegeben. *Ficaria* und *Linaria* besitzen bei gleichem Interzellularvolumen (0,10 mm³) recht verschiedene Gesamtchloroplastenoberflächen (10,8 mm² und 32,2 mm²), *Leucojum* und *Fagus* (Schattenblatt) entwickeln eine ähnliche Gesamtchloroplastenoberfläche (13,5 mm² und 14,8 mm²) bei einem unterschiedlichen Interzellularvolumen (0,27 mm³ und 0,02 mm³).

Eine nahestehende Übereinstimmung zeigen innerhalb der Gruppen a, b und c der Tabelle 18 (Seite 476 . 477) die Gesamtchloroplastenoberflächen, die sich in der Einheit (0,10 mm³) Zellvolumina entwickeln. Schon bei der Besprechung der Sonnen- und Schattenblätter von *Prunus* und *Fagus* zeigte ich auf Seite 471, 473 in Tabelle 13a und 16a diese Tatsache. Hier will ich kurz ausführen, wie die Berechnung erfolgt. Zunächst wird vom Volumen eines mm² Blattflächenausschnittes das zugehörige Interzellularvolumen subtrahiert. Beispiel: *Ficaria verna* - Ausschnittvolumen 0,299 mm³ minus Interzellularvolumen 0,103 mm³ = 0,19 mm³. In dieser neuen Volumzahl 0,19 mm³, die eine Summe von Einzelvolumina darstellt, be-

19. Tabelle.

	Zellvolumen mm ³	Zahl der Zellchloropl.	Zellchloropl. oberfl. mm ²	Zellchloropl. volumen mm ³
<u>Gruppe a.</u>				
<i>Hippuris vulgaris</i>	3170.10 ⁻⁸	40	0,00332	0,00000166
<i>Caltha palustris</i>	5170. "	70	0,00510	0,00000280
<i>Ranunc. aquat. Land-</i> <i>form</i>	5350. "	61	0,00488	0,00000241
<i>Leucojum vernum</i>	7850. "	110	0,00634	0,00000430
<i>Ficaria verna</i>	8780. "	177	0,00853	0,00000430
<i>Fritillaria alba</i>	13700. "	300	0,01560	0,00000978
" <i>imperialis</i>	16900. "	360	0,01680	0,00000936
<u>Gruppe b.</u>				
<i>Fagus silv. Schatt.</i>	220. "	12	0,00067	0,00000035
" " <i>Sonnenbl.</i>	255. "	15	0,00070	0,00000032
<i>Prunus serot. Schatt.</i>	182. "	14	0,00072	0,00000030
" " <i>Sonnenbl.</i>	290. "	30	0,00130	0,00000051
<u>Gruppe c.</u>				
<i>Tropaeol. majus</i>	1140. "	57	0,00264	0,00000104
<i>Linaria vulgaris</i>	1580. "	52	0,00243	0,00000089
<i>Ranunc. aquatilis</i> (<i>Schwimmb.</i>)	4620. "	81	0,00623	0,00000307

18. Tabelle.

Auf 1 mm² Blattflächenausschnitt entfallen:

	Blattvolumen mm ³	Interzellulär- volumen mm ³	Gesamtchlor- pl.-Oberfl. mm ²
<u>Gruppe a.</u>			
<i>Ficaria verna</i>	0,299	0,103	10,8
<i>Leucojum vernum</i>	0,645	0,274	13,5
<i>Fritillaria imperialis</i>	0,541	0,175	30,9
" <i>alba</i>	0,399	0,089	24,8
<i>Caltha palustris</i>	0,341	0,088	19,8
<i>Ranunculus aquatilis</i> (Landform)	0,284	0,070	17,2
<i>Hippuris vulgaris</i> (Luftbl.)	0,310	0,087	19,4
<u>Gruppe b.</u>			
<i>Fagus silvatica</i> , Sonnenblatt	0,182	0,031	31,0
" " Schattenblatt	0,094	0,022	14,8
<i>Prunus serotina</i> , Sonnenblatt	0,190	0,036	33
" " Schattenblatt	0,145	0,040	21
<u>Gruppe c.</u>			
<i>Tropaeolum majus</i>	0,042	0,042	19,8
<i>Linaria vulgaris</i>	0,359	0,100	32,2
<i>Ranunculus aquatilis</i> (Schwimmb.)	0,435	0,132	38,3

steht eine Gesamtchloroplastenoberfläche von 10,8 mm². Es folgt zuletzt die Umrechnung dieser 10,8 mm² Chloroplastenoberfläche auf die Einheit 0,10 mm³ Zellvolumina.

Beispiel: 0,19 mm³ Zellvolumina 10,8 mm² Chloroplastenoberfl.
 0,10 " " ? "
 = 5,7 " "

Überblicke ich noch einmal in diesem Sinne die gewonnenen Zahlen der Tabelle 18, Seite 476 - 477, so ist der Schluss berechtigt, dass ein Zusammenhang zwischen Zellvolumina und Chloroplastenoberfläche bestehen muss. In einer Masseinheit von Zellvolumina entwickelt sich ja bei bestimmten Pflanzengruppen eine gleiche oder annähernd gleiche Gesamtoberfläche der sich in dieser Masseinheit befindenden Einzelchloroplasten. Als Folgerung ergibt sich, dass in gleichen Einzelzellvolumina eine gleiche Oberfläche der Zellchloroplasten besteht, oder dass mit veränderlichem Einzelzellvolumen sich die Zellchloroplastenoberfläche verändert. Ich will dieses in Tabelle 19 untersuchen.

Die Untersuchung, wie Tabelle 19 zeigt, bestätigt vollauf die letzte Folgerung, nämlich die nahe Beziehung zwischen Einzelzellvolumen und der Zellchloroplastenoberfläche. Die in Tabelle 19 dargestellten Werte sind Mittelwerte, und zwar ist das Zellvolumen ein Mittel aus den Zellen des Assimilationsgewebes (Palissadenparenchymzellen und Schwammparenchymzellen) und die Zahl der Zellchloroplasten ein Mittel aus den in den eben genannten Zellen befindlichen Chloroplasten.

Gruppe a. - Hierher gehören krautige und frühblühende Pflanzen. Mit wachsendem Zellvolumen nimmt die Zellchloroplastenoberfläche zu. Aus den Zahlen geht klar hervor, dass das Verhältnis ein direkt proportionales ist:

Zellvolumina = Verhältnis = 31 : 51 : 78 : 87 : 137 : 169
 Zellchloroplastenoberflächen = Verhältnis = 33 : 51 : 48 : 63 : 156 " 168

Gruppe b. - Holzige Pflanzen. Die absolute Zellchloroplastenoberfläche ist bedeutend stärker entwickelt als bei den Pflanzen in Gruppe a, aber die Proportionalität zwischen Einzelzellvolumen und Zellchloroplastenoberfläche bleibt bestehen.

Fagus silvatica: Zellvolumen = 22 : 25 oder 1 : 1,2
 Zellchloroplastenoberfläche = 67 : 70 " 1 : 1,05
Prunus serotina: Zellvolumen = 18 : 29 " 1 : 1,7
 Zellchloroplastenoberfläche = 72 : 130 " 1 : 1,8

18. Tabelle.

Auf 1 mm² Blattflächenausschnitt entfallen:

Unter Abzug der Interzellularen entfällt auf die Einheit 0,10 mm ³ Zellvolumina folgende Gesamtchloroplastenoberfläche:	Volumen des ganzen Blattes mm ³	Interzellulär-Volumen mm ³
0,29 - 0,10 = 0,19 mm ³ 5,7 mm ²	392	135
0,64 - 0,27 = 0,37 " 3,6 "	1495	620
0,54 - 0,17 = 0,37 " 8,3 "	1910	515
0,40 - 0,09 = 0,31 " 8,0 "	312	70
0,34 - 0,09 = 0,23 " 8,6 "	1580	407
0,28 - 0,07 = 0,21 " 8,2 "	27	6,7
0,31 - 0,08 = 0,23 " 3,4 "	6,2	1,75
0,18 - 0,15 = 0,15 " 20,6 "	458	78
0,09 - 0,07 = 0,07 " 21,0 "	338	80
0,19 - 0,15 = 0,15 " 22,0 "	290	56
0,14 - 0,10 = 0,10 " 21 "	290	87
0,19 - 0,15 = 0,15 " 13,2 "	1120	249
0,36 - 0,26 = 0,26 " 12,4 "	23	6,4
0,43 - 0,30 = 0,30 " 12,7 "	178	54

Gruppe c. - Krautige Pflanzen (stark entwickeltes Palissadengewebe). Die absolute Zellchloroplastenoberfläche ist wieder stark entwickelt. Die Proportionalität ist im allgemeinen vorhanden. *Tropaeolum* und *Linaria* mit ähnlichem Zellvolumen (1140 . 10⁻⁸mm³, 1580 . 10⁻⁸mm³) haben eine ähnliche Chloroplastenoberfläche (26, 24). Die Zellvolumina von *Linaria* und *Ranunculus* verhalten sich rund wie 1 : 3, desgleichen die Zellchloroplastenoberflächen wie 24 : 62 oder 1 : 3.

Soll das in diesen Beispielen hervortretende verallgemeinert werden, so kann ich sagen, dass Einzelzellvolumen und Zellchloroplastenoberfläche mit direkter Proportionalität in Beziehung zueinander stehen. Es bestände eine Zellvolumen - Zellchloroplastenoberflächen-Relation. Vergleiche ich Einzelzellvolumen und Zellchloroplastenvolumen, so findet sich eine ähnliche Beziehung n i c h t. Beispiel: Gruppe a:

Verhältnis der Zellvolumina = 31 : 51 : 53 : 78 : 87 : 137 : 169 .

Verhältnis der Zellchloroplastenvolumina = 16 : 28 : 24 : 43 : 43 : 97 : 93

Letzteres erscheint von Wichtigkeit für die hier angestellte Untersuchung, denn - nicht das Zellchloroplastenvolumen, sondern die Zellchloroplastenoberfläche tritt als massgebender Beziehungsfaktor hervor. Damit erhalte ich einen indirekten Beweis dafür, dass die Chloroplasten-Oberfläche, nicht das Chloroplasten-Volumen für die Lebensvorgänge, nämlich Anlagerung und Aufnahme der Moleküle des Kohlendioxyds, von wichtigster Bedeutung ist.

Von dieser Tatsache aus ist nun auch klarer zu verstehen, was ich Seite 469 ausführte. Dadurch, dass die Sonnenblätter ihre Einzelchloroplastenvolumina verringern, vergrössern sie ihre Gesamtchloroplastenoberfläche, d.i. ihre Assimilationsoberfläche, und sie erhalten dadurch die Möglichkeit zu grösserer Assimilationsenergie. Im vorigen ist eine neue Beziehung zwischen Zelle und Zellbestandteil aufgedeckt worden, nämlich eine direkt proportionale Relation zwischen Zellvolumen und Zellchloroplastenoberfläche.

Kurz möchte ich hier an die Untersuchungen von BOVERI (4) erinnern. Dieser Forscher fand die Abhängigkeit der Kerngrösse von der Chromosomenzahl. Die Kerne der Seeigellarven waren in ihrer Grösse der Chromosomenzahl ihrer Ahnzellen proportional. Die Kerne diplokaryotischer Larven besaßen eine doppelt so grosse Oberfläche als diejenigen hemikaryotischer. Somit besteht eine direkte Proportionalität zwischen Oberfläche der Kerne und Chromosomenzahl. Zuletzt wies BOVERI nach, dass die Z e l l g r ö s s e eine Funktion der Kerngrösse, der K e r n o b e r f l ä c h e und also auch der Chromosomenzahl ist.

20. Tabelle.

	Einzel- zellvo- lumen mm ³	Reines Einzelzell volumen	Membran Volumen mm ³	Kern- Volumen mm ³	Zytop- lasma- Volumen	Zell- chloro- pl.vol.	Saftraum- Volumen mm ³
Leuc. ver.	7850.10 ⁻⁸	7350.10 ⁻⁸	500.10 ⁻⁸	70.10 ⁻⁸	400.10 ⁻⁸	430.10 ⁻⁸	6450.10 ⁻⁸
Frit. alba	13700. "	12900. "	800. "	168. "	700. "	978. "	11054. "
" imper.	16900. "	15800. "	1100. "	169. "	900. "	936. "	13795. "
Caltha p.	2930. "	2590. "	340. "	40. "	130. "	249. "	2171. "
Ficaria v.	6460. "	5940. "	520. "	83. "	300. "	376. "	5181. "
Ran. aqu.							
Landf.	4190. "	3890. "	300. "	36. "	190. "	245. "	3419. "
Wasserf.	1130. "	980. "	150. "	13. "	44. "	61. "	862. "
Schwimmb.	4830. "	4410. "	420. "	51. "	230. "	273. "	3856. "
Hipp. vulg.							
Luftbl.	3140. "	2900. "	240. "		140. "	166. "	
Wasserbl.	2760. "	2530. "	230. "	(16)? "	90. "	110. "	2314. "
Lit. lac.	7950. "	7450. "	500. "	55. "	150. "	262. "	6983. "
Trop. maj.	1230. "	1110. "	120. "	18. "	70. "	106. "	916. "
Lin. vulg.	1580. "	1470. "	110. "	13. "	70. "	89. "	1298. "
Genista t.	386. "	537. "	49. "	13. "	26. "	64. "	234. "
Fagus silv.							
Schatt.bl.	180. "	147. "	33. "		21. "	29. "	
Sonnenbl.	194. "	155. "	39. "		22. "	28. "	
Prun. serot.							
Schatt.bl.	160. "	127. "	33. "		19. "	26. "	
Sonnenbl.	212. "	173. "	39. "		24. "	29. "	

E. DIE RAUMERFÜLLUNG DER ZELLBESTANDTEILE IN IHREM GEGENSEITIGEN VERHÄLTNIS.

In Tabelle 20, Seite 478 - 479, sei die Raumerfüllung der Zellinhaltsbestandteile dargestellt.

Die untersuchten Blätter zeigen, dass die grösseren Kernvolumina im allgemeinen in den grösseren Zellvolumina zu finden sind, und die kleineren Kernvolumina in den kleineren Zellvolumina. Die 3 Vertreter der Liliifloren besitzen die grössten Kernvolumina. Vom reinen Zellvolumen nimmt das Kernvolumen der Blätter krautiger Pflanzen 0,8 - 1,5%, im Mittel 1,1% ein. Bei *Genista tinctoria*, einem holzigen Strauch, entfällt auf das Kernvolumen eine höhere Prozentzahl (3,7%), ob ähnliches auch für *Fagus* und *Prunus* gilt, liess sich nicht feststellen, da die Kerne nicht zu messen waren. Cytoplasma- und Zellchloroplastenvolumen nehmen bei den krautigen Pflanzen 3,5 - 5,6% und 4,3 - 9,5% vom reinen Zellvolumen ein, bei den holzigen 7,7 - 14,9% und 16,7 - 20,4%. Das ergibt für die ersteren ein Mittel von 4,8 und 6,3%, für die letzteren von 12,8 und 18,7%. Somit entfällt auf das Saftvolumen der krautigen Pflanzen 87,8%, auf das der holzigen 66-69%. Von den krautigen Pflanzen besitzen die Wasserpflanzen die grössten Saftvolumina. *Littorella* 93,7%, *Hippuris* (Wasserblatt) 91,5%, *Ranunculus* (Wasserform) 88%.

Die Kern-, Cytoplasma- Chloroplastenrelation schwankt zwischen 1 : 2 : 4,9 und 1 : 5,6 : 6,8. Der Kern beherrscht ein Zellchloroplastenvolumen, welches in einigen Fällen doppelt so gross ist wie das Cytoplasmavolumen (*Genista*, *Littorella*, *Caltha*); in anderen Fällen nähert sich das Cytoplasmavolumen dem Zellchloroplastenvolumen (*Fritillaria imperialis*). Eine bestimmte Regel lässt sich aus den Relationen nicht ableiten. Wohl deuten die Verhältnisse der Liliifloren (*Leucorum*, *Fritillaria alba* und *F. imperialis*) und der Ranunculaceen (*Caltha*, *Ficaria*, *Ranunculus*) auf eine annähernde Ähnlichkeit innerhalb der Familie hin. Im allgemeinen schwanken alle hier berechneten Relationen innerhalb geringer Grenzen. Das Cytoplasmavolumen beträgt rund 1/3 des Zellchloroplastenvolumens. Der Mittelwert

20. Tabelle.

Membran	in % des reinen Zellvolumens				Kern-Zytoplasma- Zellchloroplasten- -Relation.	Zytopl.-Zell chloropl.-Re- lation
	Kern	Zytoplasm.	Zellchlp.	Saftr.		
6,3	0,9	5,4	5,8	87,9	1 : 5,7 : 6,1	1 : 1,07
5,8	1,3	5,4	7,5	85,8	1 : 4,1 : 5,8	1 : 1,39
6,5	1,0	5,6	5,9	87,5	1 : 5,3 : 5,6	1 : 1,04
11,6	1,5	5,0	9,5	84,0	1 : 3,2 : 6,2	1 : 1,91
8,0	1,3	5,0	6,3	87,4	1 : 3,6 : 4,5	1 : 1,25
7,1	0,9	4,8	6,3	88,0	1 : 5,2 : 6,4	1 : 1,29
13,2	1,3	4,5	6,2	88,0	1 : 3,4 : 4,7	1 : 1,38
8,6	1,1	5,2	6,1	87,6	1 : 4,5 : 5,3	1 : 1,18
7,6		4,8	5,7			1 : 1,18
8,3	0,7	3,5	4,3	91,5	1 : 5,6 : 6,8	1 : 1,22
6,2	0,8	2,0	3,5	93,7	1 : 2,7 : 4,7	1 : 1,74
9,7	1,6	6,3	9,5	82,6	1 : 3,8 : 5,9	1 : 1,51
6,9	0,9	4,8	6,0	88,3	1 : 5,4 : 6,7	1 : 1,27
12,6	3,7	7,7	19,0	69,6	1 : 2,0 : 4,9	1 : 2,46
18,3		14,2	19,7			1 : 1,38
20,1		14,1	18,0			1 : 1,27
20,5		14,9	20,4			1 : 1,36
18,4		13,3	16,7			1 : 1,20

der Relationen ist 1 : 4,2 : 5,7. Man hat von einer mittleren Zell- und Chloroplastengrösse gesprochen. Hinzufügen lässt sich nach meinen Messungen eine mittlere Kern- Cytoplasma- Zellchloroplastenrelation.

Mittelwerte in % des reinen Zellvolumens.

	Kernvolumen %	Cytoplasmavol. %	Zellchloropl.- Volumen %	Saftraum- Volumen %
Krautige Pfl.	1	4,8	6,3	87,9
Holzige "	1-3	12,8	18,7	66 - 68

Mittlere Kern- Cytopl.- Zellchloroplastenrelation = 1 : 4,2 : 5,7

F. ANTEIL VON EPIDERMIS, PALISSADENPARENCHYM, SCHWAMMPARENCHYM, INTERZELLULAREN UND RIPPEN AM VOLUM DES BLATTES.

(Siehe Tab. 21 auf Seite 480.)

Aus Tabelle 21 geht hervor, dass jedem Blatt seine eigene Struktur zukommt. Versuche ich aber, Zusammenhänge zu finden, so treten 2 Blatttypen hervor, wenn ich das Volumen des Palissadenparenchyms mit dem des Schwammparenchyms vergleiche. Bei SCHRAMM (30) und PAULMANN (24) findet sich die Bezeichnung "Mesophyllquotient". Sie verstehen darunter den Quotient aus Dicke des Palissadenparenchyms und Dicke des Schwammparenchyms. Bei Sonnenblättern ist dieser Quotient grösser als 1, bei Schattenblättern kleiner als 1. Ich möchte hier den Quotient der Volumina verwenden. Dieser Volumquotient unterscheidet sich insofern von dem Dickenquotienten, weil in dem Volumquotient das Interzellularvolumen abstrahiert ist, in den Querschnitten zur Bestimmung der Dicke aber die Interzellularen mitgemessen worden sind. In der letzten Spalte der Tabelle 21 sind die Volumquotienten angegeben. Danach ergibt sich:

21. Tabelle.

	Blatt -vol. mm ³	Ep. mm ³	Pa mm ³	Sch mm ³	Intz mm ³	Rip pen mm ³	in % des Blattvol.					PaVol. SchVol.
							Ep	Pa	Sch	Intz.	Rip	
<i>Leucoj. verum</i>	1495	130		701	620	44	8,7		46,9	41,4	3,0	
<i>Fritill. imp.</i>	1910	216		1109	515	70	11,3	35,2	58,1	26,9	3,7	
" <i>alba</i>	312	38	110	86	70	8	12,1	17,8	27,8	22,4	2,5	1,26
<i>Caltha palustr.</i>	1580	170	282	636	407	80	11	19	40,1	25,8	5,3	0,44
<i>Ficaria verna</i>	392	82	70	88	135	17	15	37	27	34,5	4,5	0,70
<i>Ranunc. aquat.</i>												
Landform	27	3,5	10	6,4	6,7	0,4	15	35,3	23,7	25	1,3	1,56
Wasserform	34		12	18,5	3	0,7		37	53,9	8,8	2	
Schwimmb.	178	20	65	38	54	0,8	11	32	21,3	30,3	0,4	1,73
<i>Hippuris vulg.</i>												
Luftbl.	6,2	0,65	2	1,7	1,75	0,1	10,4		27,9	28,1	1,6	1,14
Wasserbl.	3	0,46		2,3	0,15	0,08	15		77,2	5	2,8	
<i>Litorea lac.</i>	206	4	36	53	110	3	2	17,4	25,7	53,4	1,5	0,67
<i>Trop. majus</i>	1120	156	385	185	249	145	13,9	34,3	16,5	22,2	13	2,07
<i>Linaria vulg.</i>	23	1,2	7,5	6,1	6,4	1,8	5,2	32,6	26,5	28	7,7	1,23
<i>Genista tinct.</i>	35,4	6,1		21	5,2	3,1	17,2		59,4	14,7	8,7	
<i>Fagus Schatt.</i>	338	67	66	102	80	23	19,8	19,5	30,1	23,6	6,9	0,64
" <i>Sonnenbl.</i>	458	57	194	109	78	20	12,4	42,3	23,8	17	4,3	1,78
<i>Prunus Schatt.</i>	290	46	40	99	87	18	15,8	13,7	34,1	30	6,2	0,40
" <i>Sonnenbl.</i>	290	46	111	59	56	18	15,8	38,2	20,3	19,3	6,2	1,88

1. ein Sonnenblatt oder sonnenblattähnlicher Typ $\frac{PaV}{SchV}$ grösser als 1
2. eine Schattenblatt oder schattenähnlicher Typ $\frac{PaV}{SchV}$ kleiner als 1.

Unter Ausschluss von *Leucojum* und *Fritillaria imperialis* und der Wasserblätter von *Ranunculus* und *Hippuris*, bei denen kein charakteristisches Pa und Sch ausgebildet wird, sowie des isolateralen Blattes von *Genista* gehören zu

Typ 1: *Ranunculus* (Schwimmbblatt und Blatt der Landform), *Hippuris* (Luftblatt) *Tropaeolum*, *Linaria*, *Prunus* (Sonnenblatt) und *Fagus* (Sonnenblatt).

Typ 2: *Caltha palustris*, *Ficaria verna*, *Litorea lacustris*, *Fagus* (Schattenblatt) und *Prunus* (Schattenblatt).

Mittelwerte in Prozenten des Blattvolumens.

	Ep.	Pa.	Sch.	Interz.	Rippen	$\frac{PaV}{SchV}$
Typ 1	12%	36%	23%	22%	7%	1,56
Typ 2	12%	18%	31%	33%	6%	0,58

G. DIE VERTEILUNG VON GESAMTMEMBRANVOLUMEN, INTERZELLULARVOLUMEN, RIPPENVOLUMEN UND GESAMTVOLUMEN DER SUMME ALLER REINEN ZELLVOLUMINA.

(Siehe Tab. 22 auf Seite 481.)

Das Gesamtmembranvolumen erhielt ich, indem ich das Membranvolumen der Einzelzelle mit der Summe aller Blattzellen multiplizierte. Das grösste Gesamtmembranvolumen besitzen die Laubblätter von *Fagus* (16,2 und 19%). Ein grösseres Gesamtmembranvolumen haben auch die Wasserblätter von *Hippuris* (12,6%) und *Ranunculus* (7,6%); im übrigen beträgt das mittlere Gesamtmembranvolumen der krautigen Pflanzen 5,3% des Blattvolumens. Das grösste Gesamtvolumen der Summe aller reinen

22. Tabelle.

	a Gesamt- membran- volumen mm ³	b Interzel- lularvo- lumen mm ³	c Volumen der Haupt- rippen mm ³	d Gesamt- v. d. reinen Zellvolu- mina mm ³	In % des Blattvolu- mens			
					a %	b %	c %	d %
Leucojum vern.	52	620	44	779	2,9	41,4	3,4	52,3
Fritill. imper.	125	515	70	1200	6,5	26,9	3,7	62,9
Ficaria verna	17	135	17	223	4,3	34,4	4,5	56,8
Ranunculus								
Landform	1,5	6,7	0,4	18,4	5,0	25,0	1,3	70,0
Wasserform	2,6	3	0,7	27,7	7,6	8,8	2,0	81,6
Hippuris								
Luftblätter	0,4	1,75	0,1	3,95	6,4	28,1	1,6	63,9
Wasserblatt	0,38	0,15	0,085	2,385	12,6	5,0	2,8	79,6
Tropaeol. majus	73	249	145	941	6,5	22,2	12,9	58,4
Linaria vulg.	1,6	6,4	1,8	13,2	6,9	28	7,7	57,4
Fagus								
Schattenbl.	55	80	23	180	16,9	23,6	6,9	53,3
Sonnenblatt	88	78	20	280	19,0	17,0	4,3	69,7

Zellvolumina findet sich bei den Wasserblättern (*Hippuris* 79,6% und *Ranunculus*, Wasserform, 81,6%).

Mittelwerte der Volumina in % des Blattvolumens.

	a	b	c	d
Blätter von krautigen Pflanzen	6%	24%	5%	65%
Blatt von <i>Fagus silvatica</i>	17%	20%	6%	57%

H. DIE VERÄNDERUNG DES ZELLVOLUMENS VON DER BLATTBASIS ZUR SPITZE HIN.

23. Tabelle.

	Basis mm ³	Mitte mm ³	Spitze mm ³
<i>Hippuris vulgaris</i>	260 . 10 ⁻⁸	220 . 10 ⁻⁸	220 . 10 ⁻⁸
<i>Ranunculus</i> , Schwimmblatt	5240 . "	5070 . "	4210 . "
<i>Genista tinctoria</i>	394 . "	376 . "	388 . "
<i>Tropaeolum majus</i>	1290 . "	1320 . "	1070 . "
<i>Linaria vulgaris</i>	1480 . "	1790 . "	1480 . "
<i>Fagus</i> (Sonnenblatt)	247 . "	243 . "	247 . "
<i>Prunus</i> (Schattenblatt)	150 . "	182 . "	148 . "

Tabelle 23 enthält die mittleren Zellvolumina der Palissadenzellen von Basis, Mitte und Spitze. Die Volumina sind entweder in allen Blatteilen gleich (*Fagus*, Sonnenblatt), oder es ist eine Zunahme bis zur Mitte, dann eine Abnahme bis zur Spitze festzustellen (*Linaria*, *Tropaeolum*, *Prunus*, Schattenblatt), oder es zeigt sich eine allmähliche Abnahme von der Basis zur Spitze hin, wie bei *Ranunculus* u. *Hippuris*.

V. KRITISCHE BESPRECHUNG DER ANSICHT SCHRAMMS ÜBER DIE SONNEN- UND SCHATTENBLÄTTER DER HOLZPFLANZEN.

In dem Abschnitt über die Sonnen- und Schattenblätter von *Fagus silvatica* und *Prunus serotina* kam ich Seite 472, 473 zu dem Schluss, dass zwischen Sonnen- und Schattenblatt der ausgewachsenen Pflanze eine durchgehende Verwandtschaft besteht. Sollen hier die Blätter der ausgewachsenen Bäume als "Folgeblätter" bezeichnet werden, so drängt sich nach Betrachtung der Befunde die Vorstellung auf, dass Sonnen- und Schattenblatt gemäss stärkerer und schwächerer Beleuchtung zwei verschieden differenzierte Folgeblätter sind. Diese Darstellung widerspricht der Auffassung SCHRAMMS (30), der in den Schattenblättern ein erneutes Auftreten der Primärblätter (die Blattform der Sämlinge) sieht. Er entwickelt seine Ansicht im Hinweis auf die bekannten Versuche GOEBELS mit *Campanula rotundifolia*. Diese besagen, dass das Rundblatt von *Campanula* eine Anpassung an schwache, und dass das Schmalblatt eine Anpassung an starke Lichtintensitäten ist. Bei schwacher Beleuchtung erfolgt nur Rundblattbildung. Diese wiederholt sich aber auch, sobald eine Pflanze mit Rund- und Schmalblättern aus günstiger zurück in mangelhafte Beleuchtung gebracht wird. Nun ist nach SCHRAMM das eben erwähnte Wiederauftreten der Rundblätter, also der Primärblätter, dem Erscheinen der Schattenblätter bei den erwachsenen Bäumen gleichzusetzen, denn auch diese Schattenblätter entwickeln sich im Bauminnern unter geringerer Beleuchtung. Den Beweis liefert SCHRAMM durch die anatomische Untersuchung der Primär-, Sonnen- und Schattenblätter der Holzpflanzen und der Schmal- und Rundblätter von *Campanula rotundifolia*. Die anatomische Untersuchung ergibt, dass zunächst der Bau des Rundblattes zu dem des Schmalblattes in einem gleichen Verhältnis steht wie der Bau des Primärblattes eines Sämlings zum Sonnenblatt des erwachsenen Baumes. Da weiter das Schattenblatt des erwachsenen Baumes die charakteristischen anatomischen Merkmale der Primärblätter des Sämlings aufweist, so folgert SCHRAMM, dass das Schattenblatt eine Wiederholung der Jugendform ist, gleichwie das Rundblatt bei *Campanula* bei geringer Lichtintensität später wieder aufzutreten vermag, wenn die Pflanze schon zahlreiche Schmalblätter gebildet hatte.

Berechtigen die anatomischen Befunde zu diesen Schlüssen? Beim Pflanzensammeln gefundene *Campanula*-Arten habe ich häufig auf den anatomischen Blattbau hin geprüft. Das zusammenfassende Ergebnis zeigen die Abbildungen auf Seite 483. Die Abbildungen a, b und c sind der Abhandlung von SCHRAMM entnommene Zeichnungen: a ist ein Rundblatt mit Schattenblattcharakter, b. ist ein Übergangsblatt und c. ein Schmalblatt von ausgeprägtem Sonnenblatttypus. Blätter d und e sind ein von mir gezeichnetes Rund- und Schmalblatt einer Pflanze, welche in tiefem Schatten wuchs, f und g sind Schmal- und Rundblatt einer Sonnenpflanze. e ist einmal ein Beweis dafür, dass Schmalblätter auch unter mangelhaften Lichtintensitäten entstehen können, zum andern beweist es aber, worauf es mir hier ankommt, dass Schmalblätter (Folgeblätter) unter gewissen Bedingungen den anatomischen Bau der Rundblätter (Primärblätter) besitzen können. Das umgekehrte, dass Rundblätter (Primärblätter) den anatomischen Bau der Schmalblätter (Folgeblätter) entwickeln, ergibt sich aus Bild f und g. Somit lässt sich feststellen, dass Sonnenblatt- und Schattenblatttypus sowohl beim Schmalblatt (Folgeblatt), siehe Bild e und g, wie auch beim Rundblatt (Primärblatt)-Bild d und f - vorkommen. Je nach den äusseren Bedingungen hat *Campanula* beim Folge- und Primärblatt beide Blatttypen. Der anatomische Bau kann darum nicht als Kriterium zur Unterscheidung von Primär- und Folgeblatt Verwendung finden. Was Primär- und Folgeblatt erkennen lässt, ist allein die morphologische Gestalt.

Kehre ich danach zur Betrachtung der Sonnen- und Schattenblätter von *Fagus* und *Prunus* zurück. Morphologisch sind die Unterschiede zwischen Sonnenblatt, Schattenblatt und Blatt des Sämlings gering. Das ergibt eine Schwierigkeit im Vergleich mit Folge- und Primärblatt anderer Pflanzen. Der anatomische Bau, das zeigen die letzten Ausführungen, kann zur Feststellung, ob wir ein Folge- oder Primärblatt vor uns haben, nicht verwandt werden. So komme ich zu dem Schlusse, dass SCHRAMMS

Fig. 87
Tafel VIII.

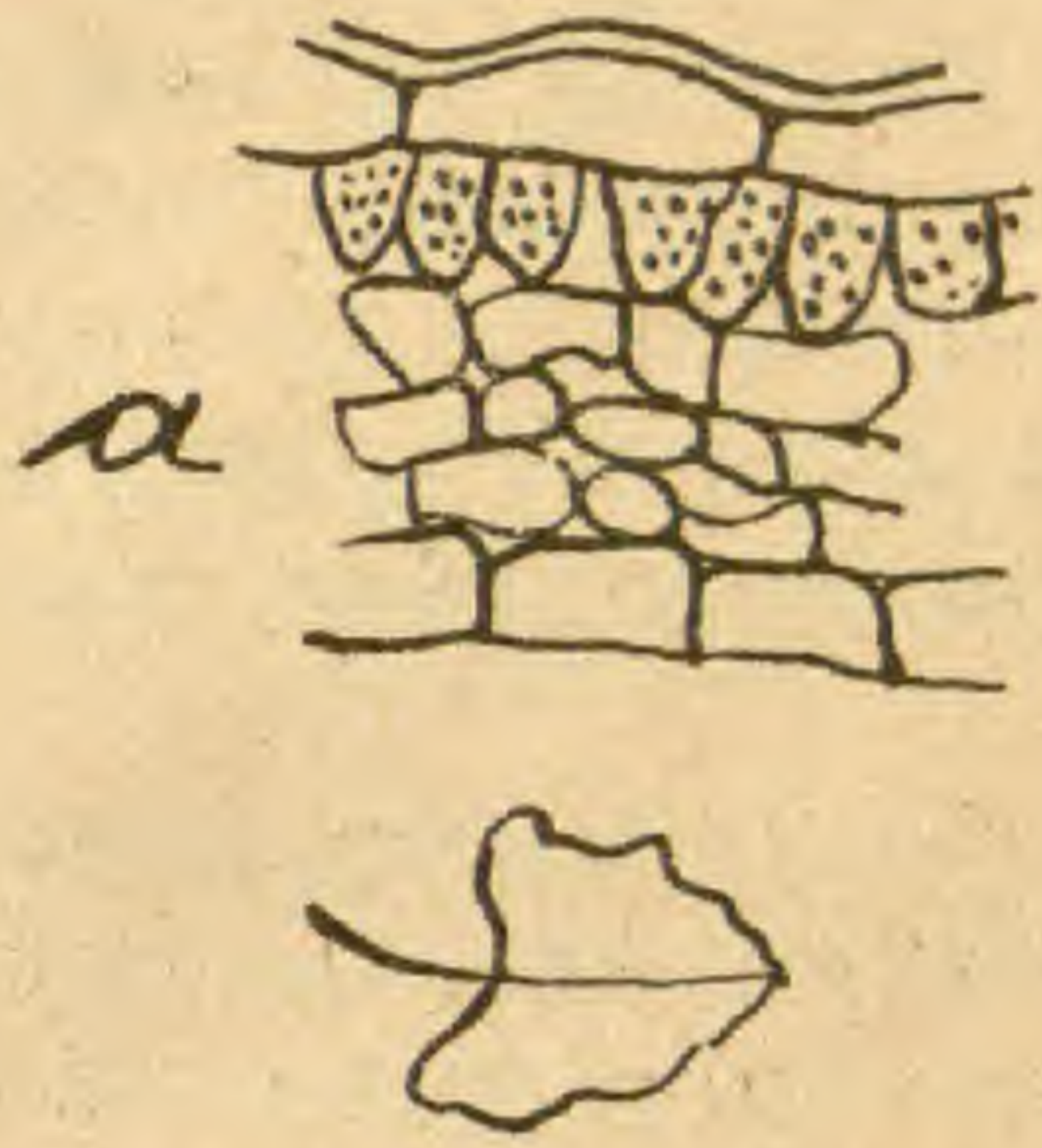


Fig. 89
Tafel VIII.

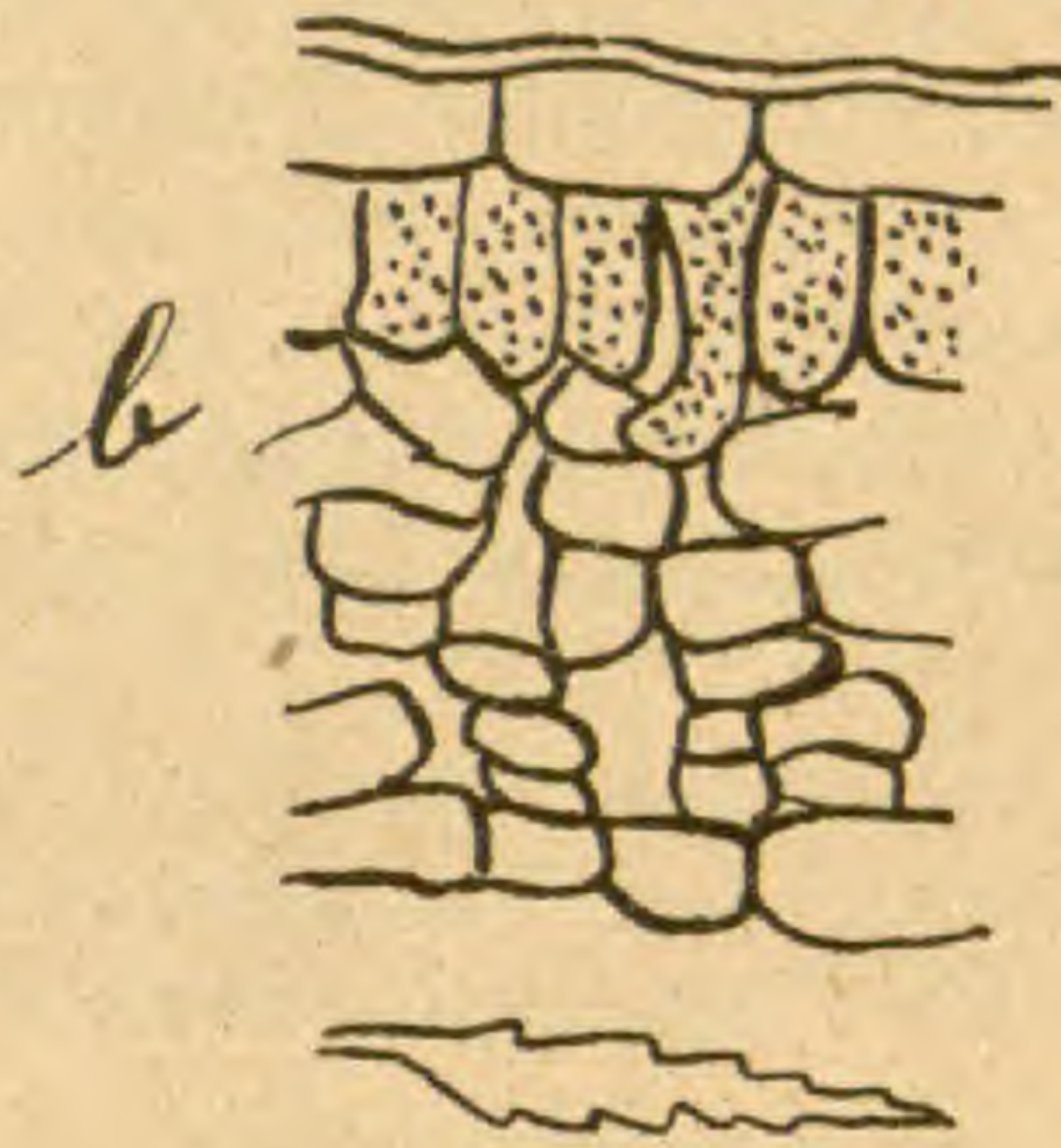
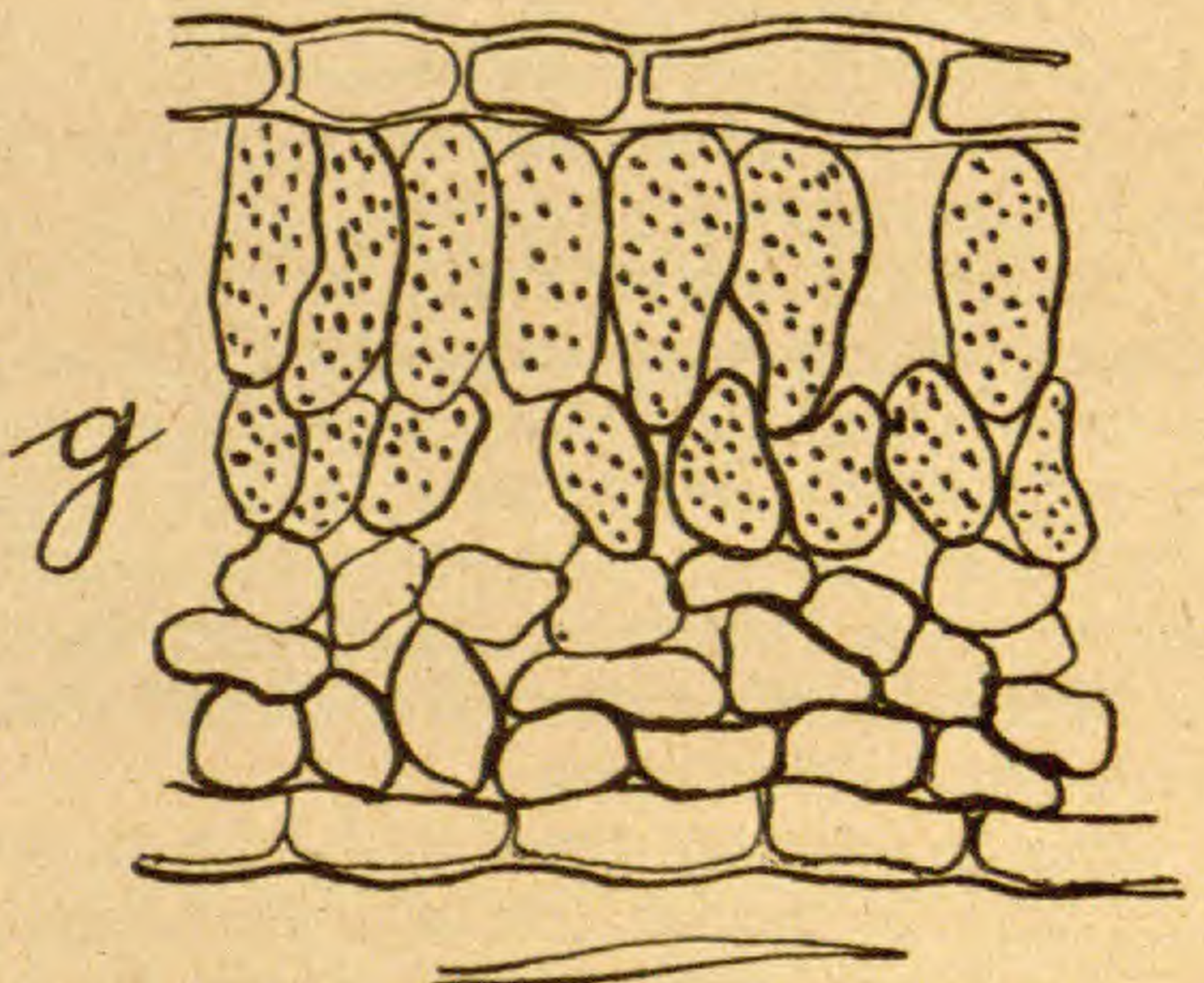
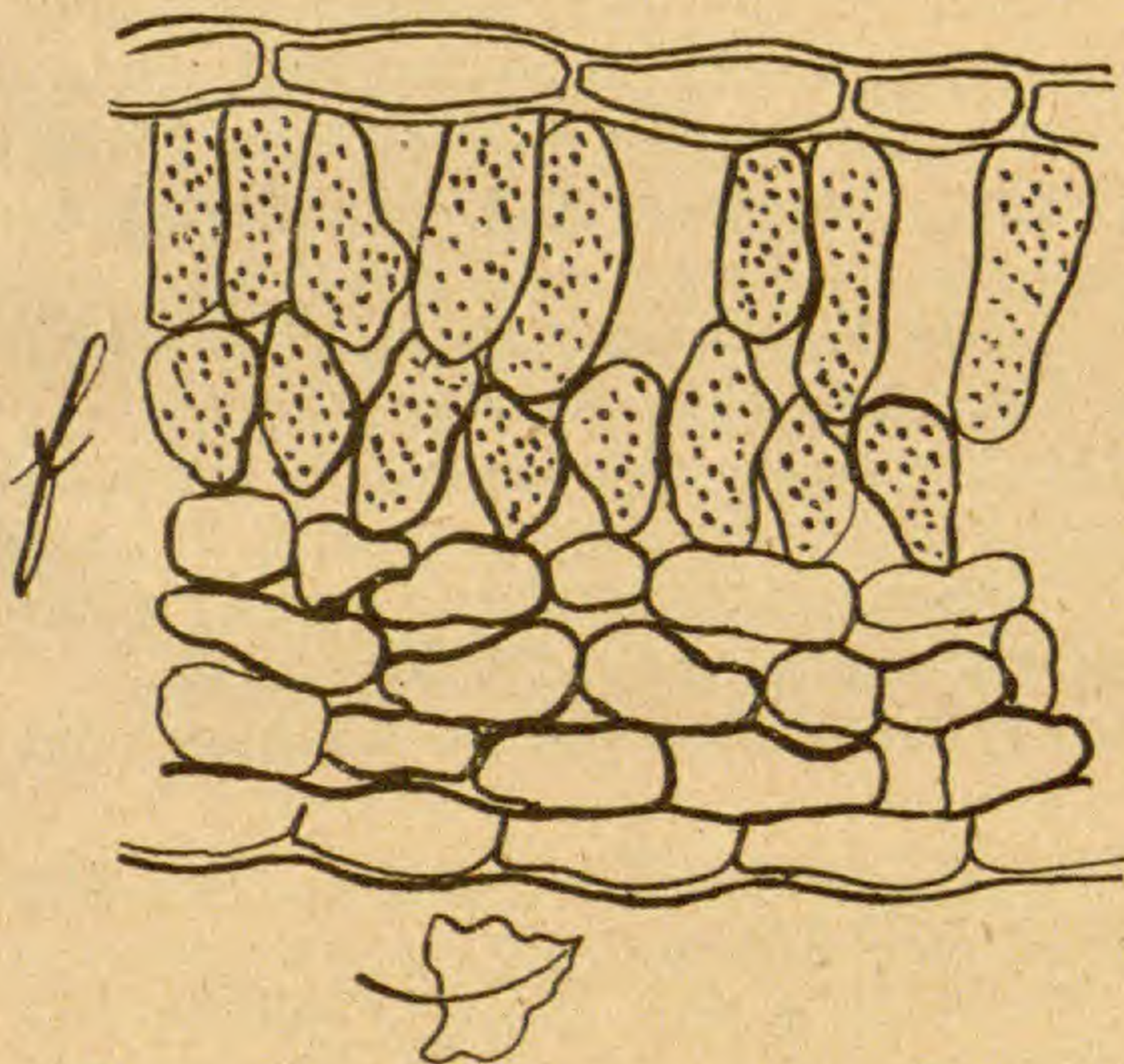
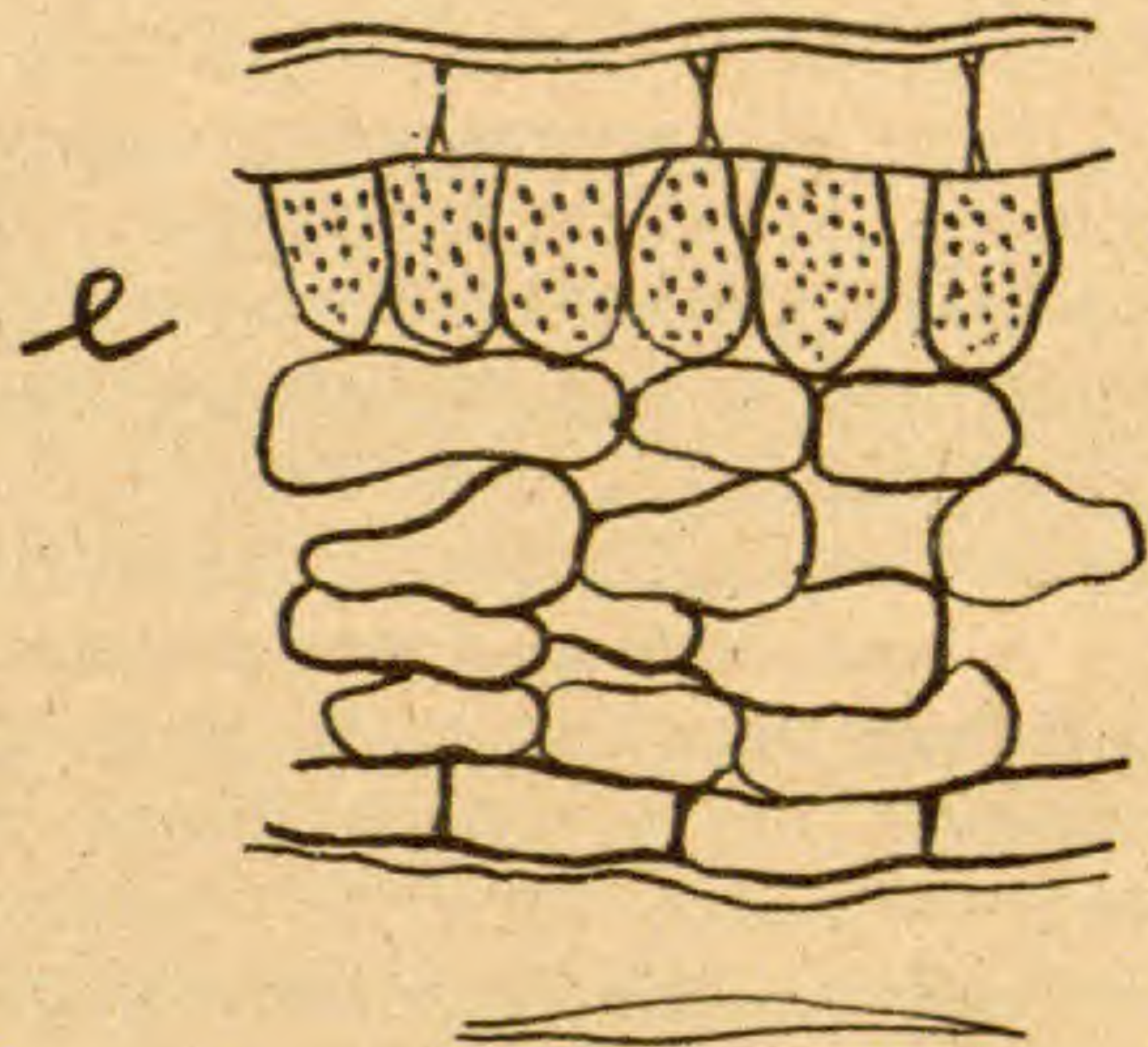
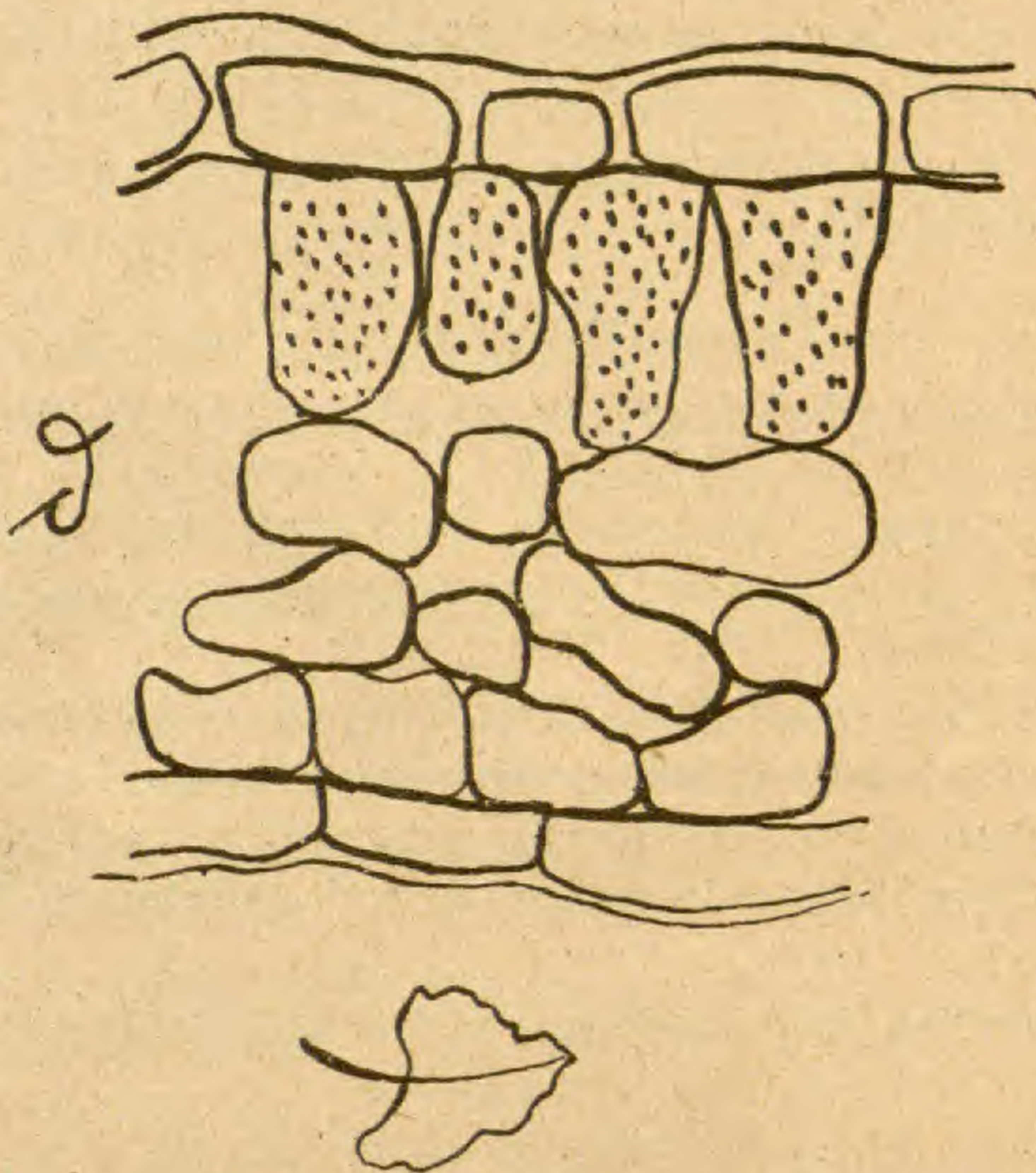
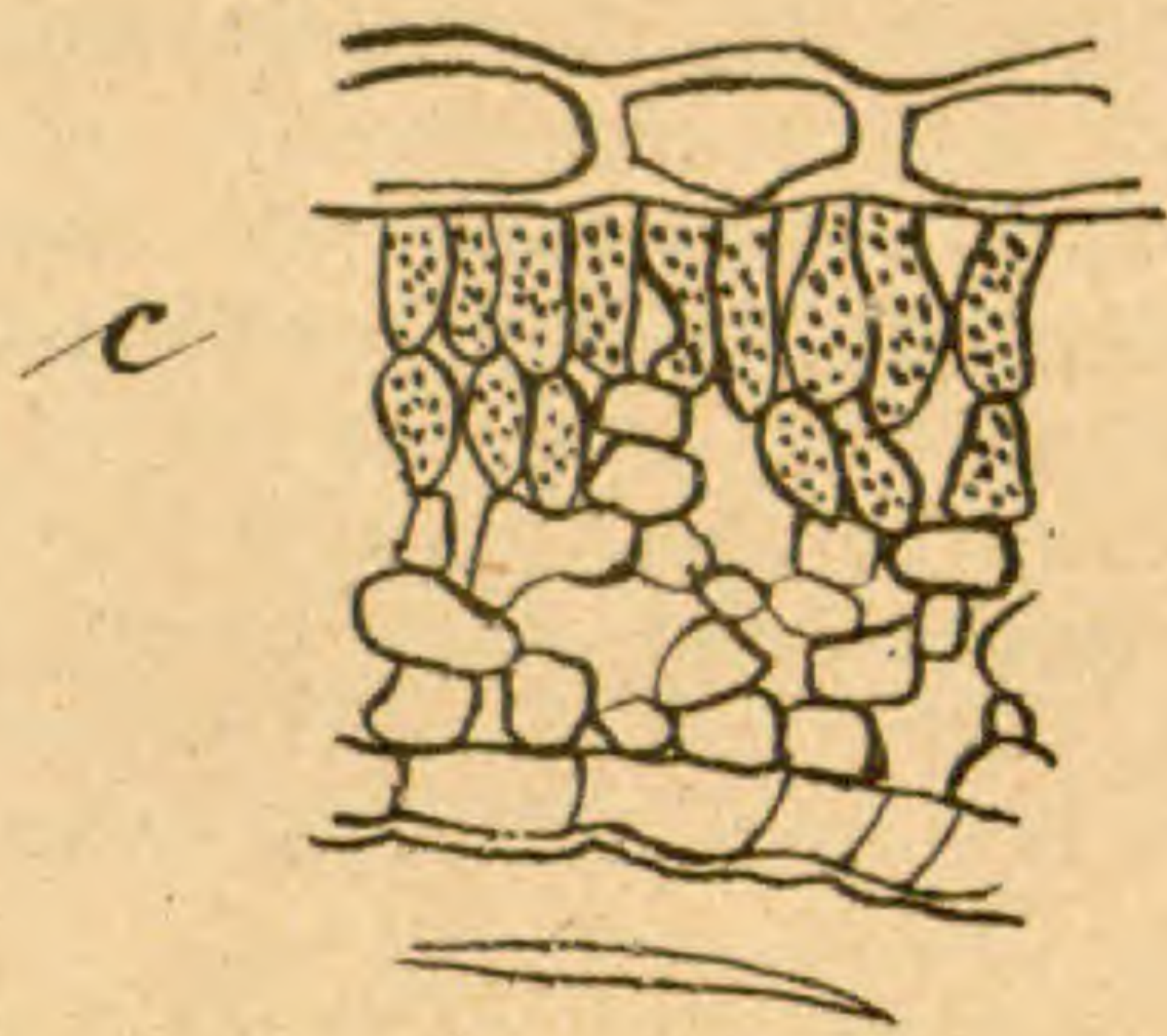


Fig. 91
Tafel VIII.



Auffassung über die Schattenblätter der Buche keine feste Grundlage besitzt. Damit besteht meine erste Ansicht voll auf zu Recht, dass Sonnenblatt und Schattenblatt differenzierte Formen des erwachsenen Baumes sind, dass das Schattenblatt eine Anpassung an den Schatten ist. Wenn Schattenblatt und Blatt des Sämlings ähnlichen anatomischen Bau zeigen, so ist dies einfach eine Konvergenzerscheinung, da der Buchensämling unter natürlichen Verhältnissen im tiefsten Waldesschatten gedeiht. Und wenn der Sonnenämling bei künstlicher Züchtung noch in seinem anatomischen Bau Schattenmerkmale aufweist (SCHRAMM's Zahlen zeigen zudem, dass hier schon ein deutliches Hinneigen zum Sonnenblatt-Typus vorhanden ist), so ist das damit zu erklären, dass die erblichen, induzierten Einflüsse stärker sind als die äusseren. Es sei nur auf die Arbeiten NORDHAUSEN's (23) hingewiesen, der die Nachwirkungen früher Vegetationsperioden untersucht.

Zuletzt möchte ich noch einen Versuch anführen, der zwar nicht zum Abschluss gekommen ist, der aber deutlich zeigt, dass ein Folgeblatt neben seinem typischen anatomischen Bau auch den typischen Bau des Primärblattes besitzen kann. *Littorella lacustris* hat zweierlei Blätter. GLÜCK (10) nennt die zylindrischen, im Querschnitt runden oder elliptischen Blätter "Primärblätter", die dorsiventralen, halb stielrunden, oberseits mit einer mehr oder minder tiefen Rinne versehenen Blätter der Landform "Folgeblätter". Ich brachte nun diese Landform ins Wasser, und es entwickelten sich alsbald Folgeblätter von für diese typisch morphologischem Bau, aber dabei zeigten sie eine ausgesprochen anatomische Übereinstimmung mit den Primärblättern.

VI. ZUSAMMENFASSUNG.

A. Das Schnittbild des Mikroskops vermag uns keine Vorstellung von dem tatsächlichen Volumen eines Organes und seiner Einzelteile zu geben. Das Schnittbild ist ein Flächenbild. Alle Messungen, die an diesem Flächenbild angestellt werden, seien es lineare oder zweidimensionale Messungen, können zu Fehlern und Ungenauigkeiten führen, wenn aus ihnen Schlüsse auf die Volumina der Organe abgeleitet werden. Somit erwächst die Notwendigkeit volumetrischer Messungen, denn die zu messenden Organe sind Körper, und darum sollten nur die räumlichen Ausmasse bestimmt werden. Zwar haften unsern heutigen Volumbestimmungen unvermeidliche Fehler an, aber diese Bestimmungen sind zunächst auch in ihren mehr oder weniger groben Annäherungswerten zu gebrauchen, vor allem aber leisten sie Vorarbeit für eine feinere Methode, die noch zu erdenken ist.

B. Die volumetrische Bestimmung des Moosblattes und seiner Teile führte zu folgenden Ergebnissen:

1. Im Moosblatte besteht eine durchgehende Abnahme des Zellvolumens von der Blattbasis zur Spitze hin.
2. Bei Blättern derselben Art variiert das mittlere Zellvolumen mit der Grösse des Blattvolumens, so dass kleinvolumige Blätter kleinere Zellvolumina und grossvolumige Blätter grössere Zellvolumina besitzen. Die Grösse des Blattvolumens hängt also nicht allein von der Zellenzahl, sondern auch von der Grösse des Zellvolumens ab.
3. Innerhalb einer Familie kann, soweit meine Messungen gehen, ein ähnliches mittleres Zellvolumen bestehen, in anderen Familien aber wieder nicht.
4. Eine Beziehung zwischen Zell- oder Blattvolumen und Einzelchloroplastenvolumen besteht nicht. Wohl zeigen die Messungen einen Zusammenhang zwischen Einzelchloroplastenvolumen und natürlichem Verwandtschaftsverhältnis, denn die Vertreter einer Familie haben ein ähnliches Einzelchloroplastenvolumen.
5. Zellchloroplastenvolumen und Zellchloroplastenoberfläche wachsen und fallen mit dem Zellvolumen.
6. Das Moosblatt entwickelt eine Gesamtchloroplastenoberfläche, die gleich bis doppelt so gross ist wie die Gesamtblattoberfläche.
7. Die Moosblattzellen zeigen folgende Verteilung der Zellbestandteile: Das Membranvolumen nimmt 20 bis 57% des Zellvolumens ein. Innerhalb des reinen Zellvolumens entfallen auf das Kernvolumen 0,7 - 3,6%, auf das Cytoplasmavolumen

5,4 - 20,9%, auf das Zellchloroplastenvolumen 5,8 - 25% und auf das Saftvolumen 62,7 - 85,4%.

8. Als Relationen des Kern-, Cytoplasma- und Zellchloroplastenvolumens ergeben sich die Verhältnisse $1 : 3,1 : 4,1$ - $1 : 4 : 3,8$ - $1 : 4,8 : 4,4$ - $1 : 7,4 : 8,1$ - $1 : 7,9 : 8,5$. Die mittlere Kern-Cytoplasma-Zellchloroplastenrelation beträgt somit $1 : 5,4 : 5,8$. Der Kern beherrscht also ein Cytoplasma-volumen, das dem Zellchloroplastenvolumen an Volumgrösse ähnlich ist.

C. Die Ergebnisse der volumetrischen Messung des Blattes und der Blattbestandteile höherer Pflanzen sind die folgenden:

1. Die Ausbildung des Interzellularvolumens im sich entwickelnden Blatte verläuft bei den verschiedensten Blättern in gleichartiger Weise. Die stärkste Zunahme erfolgt in den jüngsten Stadien des Blattes, darauf wächst das Interzellularvolumen allmählig bis zur vollen Entfaltung des Blattes an. Dieses Anwachsen scheint zum Teil in Sprüngen zu geschehen. Wenn die Blätter ihr halbes Volumen erreicht haben, so sind rund $\frac{3}{4}$ des Interzellularvolumens entwickelt.

2. Bei der Betrachtung der Verteilung der Interzellularen innerhalb des Blattes treten 2 Typen hervor. Zum ersten Typus gehören Blätter, deren Interzellularen in allen Blatteilen gleichvolumig sind, das sind die Blätter der Bäume und Sträucher und lederartige, immergrüne Blätter. Zum zweiten Typus gehören Blätter, deren Interzellularvolumen vom Rande bis zur Mitte und von der Spitze zur Basis hin zunimmt, das sind die Blätter der Wasser- und Sumpfpflanzen.

3. Die Interzellularsysteme sind entweder gekammert oder nicht gekammert. Nicht gekammerte Interzellularsysteme haben die wintergrünen Blätter und die meisten Blätter der Wasser- und Sumpfpflanzen. Gekammerte Interzellularsysteme sind bei den Blättern der sommergrünen Laubbäume und Sträucher und bei den Blättern krautiger Pflanzen zu finden.

4. Eine einfache Beziehung zwischen Standort und Grösse des Interzellularvolumens oder zwischen letzterem und Grösse der Transpiration besteht nicht. Das Interzellularvolumen ist nur ein Faktor in der Reihe der Blattstrukturen, die in den verschiedensten Kombinationen die Transpirationsgrösse bestimmen.

5. Ein Zusammenhang zwischen Zell- oder Blattvolumen und Einzelchloroplastenvolumen tritt nicht in die Erscheinung. Eine Beziehung zwischen Einzelchloroplastenvolumen und natürlichem Verwandtschaftsverhältnis wie bei den Moosen, ist bei den höheren Pflanzen nicht festzustellen. Im allgemeinen scheinen die Blätter der Pflanzen, die sich unter kräftiger Beleuchtung entwickeln, die kleineren Einzelchloroplastenvolumina zu besitzen.

6. Bei den Moosen, die mit ganzer Blattfläche Kohlensäure aufnehmen, ist die Gesamtchloroplastenoberfläche gleich wie doppelt so gross wie die Gesamtoberfläche des Blattes. Bei den höheren Pflanzen ist die Gesamtchloroplastenoberfläche ein 6- bis 16-faches der Gesamtblattoberfläche, doch ist die Kohlensäure aufnehmende Fläche hier die Interzellularen-Oberfläche. Ob zwischen dieser und der Gesamtchloroplastenoberfläche ein ähnliches Verhältnis wie zwischen Gesamtblattoberfläche und Gesamtchloroplastenoberfläche bei den Moosen besteht, kann nicht festgestellt werden, da es unmöglich ist, die Grösse der Interzellularenoberfläche zu messen. Zwischen dem Interzellularvolumen und der Gesamtchloroplastenoberfläche sind keinerlei Beziehungen festzustellen.

7. Als wichtigstes Ergebnis konnte ich den Nachweis erbringen, dass das Zellvolumen und die Zellchloroplastenoberfläche in direkter Proportionalität zueinander stehen. Die Zellchloroplastenoberfläche, nicht das Chloroplastenvolumen, oder die Chloroplastenzahl, erscheint als der bedeutsamste Faktor für die Lebensvorgänge, insbesondere für die Anlagerung und Aufnahme der Kohlendioxyd-Moleküle. Es besteht eine Zellvolumen - Zellchloroplastenoberflächenrelation.

8. Das Zellvolumen der Palissadenzellen wird bei den untersuchten Blättern in nachstehender Weise von den Zellbestandteilen erfüllt: Das Membranvolumen beträgt 5,8 bis 20,5% des Zellvolumens. Im reinen Zellvolumen besteht die folgende mittlere Verteilung von Kern-, Cytoplasma-, Zellchloroplasten- und Safttraumvolumina:

Blätter krautiger Pflanzen: 1%, 4,8%, 6,3% und 87,9%,
 " holziger " : 1 - 3%, 12,8%, 18,7% und 66 - 68%.

Die mittlere Kern-Zytoplasma-Zellchloroplastenrelation beträgt 1 : 4,2 : 5,7. Ein wesentlicher Unterschied zwischen dieser und der mittleren Relation der Zellbestandteile der Moosblattzellen besteht nicht.

9. Der Mesophyllquotient, d.i. der Quotient aus Volumen des Palissadengewebes und Volumen des Schwammgewebes, kann zur Unterscheidung zweierlei Blattyten benutzt werden. Sonnen- und sonnenblattähnliche Blätter sind solche, deren Mesophyllquotient grösser als 1, Schatten- und schattenblattähnliche Blätter sind solche, deren Mesophyllquotient kleiner als 1 ist. Bei diesen beiden Blattyten stellte ich folgende Verteilung der Volumina von Epidermis, Palissadengewebe, Schwammgewebe, Interzellularvolumen und Volumen der Hauptrippen fest:

Mittelwerte in % des Blattvolumens						Pa Vol.
						Sch. Vol.
Typus 1	12%	36%	23%	22%	7%	1,56
Typus 2	12%	18%	31%	33%	6%	0,58

10. Die Verteilung von Gesamtmembranvolumen, Volumen der Interzellularen, Volumen der Hauptrippen und Gesamtvolumen der reinen Zellvolumina innerhalb des Blattes ergibt als Mittelwerte nachstehende Prozentzahlen des Blattvolumens:

die Blätter krautiger Pflanzen: 6%, 24%, 5%, 65%,
 Blatt von *Fagus silvatica*: 17%, 20%, 6%, 57%.

11. Im Blatte der höheren Pflanzen besteht eine durchgehende Abnahme des Zellvolumens von der Basis zur Spitze hin.

12. Das Sonnenblatt von *Fagus silvatica* und *Prunus serotina* hat gegenüber dem Schattenblatt 1. eine kleinere Gesamtchloroplastenoberfläche, 2. eine kleinere spez. Oberfläche, 3. ein geringeres Interzellularvolumen, 4. ein kleineres Einzelchloroplastenvolumen, aber 5. eine stärkere Entwicklung der Gesamtchloroplastenoberfläche und 6. einen grösseren Mesophyllquotienten der Volumina.

Vorliegende Arbeit wurde im botanischen Institut der Universität Kiel ausgeführt. Ich erlaube mir, auch an dieser Stelle Herrn Prof. Dr. SCHRÖDER meinen aufrichtigen Dank für die Anregung der Arbeit und das mir jederzeit erwiesene Wohlwollen auszusprechen.

LITERATURVERZEICHNIS.

- (1) AMELUNG, Über mittlere Zellgrössen, in Flora LXXVII (1893), p. 176, insbes. p. 187. - (2) ARESCHOUG, Der Einfluss des Klimas auf die Organisation der Pflanzen, insbes. auf die anat. Struktur d. Blattorgane, in ENGLERS Jahrb. II (1882) p. 511, insbes. p. 514 - 520. - (3) BRENNER, Unters. an einigen Fettpflanzen, Flora LXXXVII (1900) p. 387, insbes. p. 393. - (4) BOVERI, Über die Abhängigkeit der Kerngrösse und Zellenzahl der Seeigellarven von der Chromosomenzahl der Ausgangszellen. Jenaische Zeitschr. f. Naturwissenschaft. XXXIX, N. F. XXXIII, S. 445. - DRIESCH, Die isolierten Blastomeren des Echinidenkeimes. Arch. f. Entwicklungsmechanik X (1900). - (6) EBERDT, Über das Palissadenparenchym, Ber. D. bot. Ges. VI (1888) p. 360, insbes. p. 373. - (7) ERDMANN, Experimentelle Untersuchung der Massenverhältnisse von Plasma, Kern und Chromosomen in dem sich entwickelnden Seeigellei. Arch. f. Zellforsch. II (1909) p. 76. - (8) GERASSIMOW, Über den Einfluss des Kernes auf das Wachstum der Zelle. Bull. Soc. imp. Natural. Moskau 1901. - (9) GOEBEL, Die Abhängigkeit der Blattform von *Campanula rotundifolia* von der Lichtintensität etc. Flora LXXXII (1896) p. 1. - (10) GLÜCK, Biolog. und morphol. Unters. über Wasser- und Sumpfgew. I (Jena 1905), III (Jena 1911). - (11) HABERLANDT, Über die Beziehungen zwischen Funktion und Lage des Zellkerns bei den Pfl. Jena 1887. - (12) HABERLANDT, Vergl. Anatomie des assimilator. Gewebesystems d. Pflanzen, PRINGSHEIMS Jahrb. XIII (1882) p. 74, insbes. p. 91 - 96. - (13) HERTWIG, Über Korrelation von Zell- und Kerngrösse u.s.w. Biol. Zentralbl. XXIII (03)

p. 49, 108. - (14) HEINRICHER, Über isolateralen Blattbau mit bes. Berücksichtigung d. europ. etc. Flora, PRINGSHEIMS Jahrb. XV (1884) p. 502, insbes. p. 561. - (15) HESSMER, Anat. Unters. an Sonnen- u. Schattenbl. immergrüner Pflanzen. Diss. Halle 1914, insbes. S. 39, 43, 55. - (16) KLIENEBERGER, Über d. Grösse u. Beschaffenheit d. Zellkerne mit bes. Berücksichtigung d. Systematik. Diss. Frankfurt 1917. - (17) KOHL, Die Transpiration d. Pflanzen, Braunschweig 1886, insbes. S. 90 ff. - (18) LEVI, Vergl. Unters. über d. Grösse d. Zellen. Anat. Anz. Erg. Heft zu Band XXVII. - (19) LUBIMENKO, Sur la sensibilité de l'appareil chlorophyllien des plantes ombrophiles et ombrophobes, Rev. Génér. de Bot. XVII (1905), S. 381, insbes. S. 413. - (20) MÖBIUS, Über d. Grösse d. Chloroplasten, Ber. D. bot. Ges. XXXVIII (1920) p. 224. - (21) MEYER, A., Das ergastische Organeisweiss etc. in Ber. D. bot. Ges. XXXV (1917), p. 658, insbes. p. 663 - 666. - (22) NEGER, Spaltöffnungsschluss und künstl. Turgorsteigerung, in Ber. D. bot. Gesellsch. XXX (1912) p. 179, insbes. p. 188 - 192. - (23) NORDHAUSEN, Über Sonnen- und Schattenblätter, in Ber. D. bot. Ges. XXI (1903) p. 30 und XXX (1912) p. 483. - (24) PAULMANN, Über die Anatomie des Laubblätter, Flora N.F. VII (1915) p. 227. - (25) RYWOSCH, Über die Palissadenzellen, Ber. D. bot. Ges. XXV (1907) p. 196. - (26) SACHS, Über einige Beziehungen d. spez. Grösse d. Pfl. zu ihrer Organisation, Flora LXXVII (1893) p. 49, insbes. p. 68 - 70. - (27) SIERP, Über Beziehungen zwischen Individuengrösse, Organgrösse und Zellgrösse. PRINGSHEIMS Jahrb. LIII (1914) p. 55, insbes. p. 123. - (28) SENN, Weitere Unters. über Gestalt u. Lageveränderung der Chromatophoren, Ztschr. f. Bot. XI (1919) p. 81. - (29) SCHUSTER, Die Blattaderung des dikotylen Blattes, Ber. D. bot. Ges. XXVI (1908) p. 194. - (30) SCHRAMM, Über d. anatomischen Jugendformen der Blätter einheimischer Holzpflanzen, Flora N.F. IV (1912) p. 225, insbes. p. 281 - 288. - (31) STAHL, Über den Einfluss des sonnigen u. schattigen Standortes auf d. Ausbildung der Laubblätter, Jenaische Ztschr. f. Naturw. XVI (1883). - (32) SCHENCK, Vergl. Anatomie d. submersen Gewächse, Cassel 1886. - (33) STRASBURGER, Über die Wirkungssphäre der Kerne und die Zellgrösse. Jena, 1893, insbes. p. 116 ff. - (34) UNGER, Bestimmungen d. i. den Interzellulargängen d. Pfl. enthaltenen Luftmengen, in Sitzungsber. Akad. Wien XII.1. p. 369 ff. - (35) URSPRUNG und BLUM, Zur Methode der Saugkraftmessung, in Ber. D. bot. Ges. XXXIV (1916) p. 525, insbes. p. 530 - 531. - (36) WINKLER, Über die experimentelle Erzeugung von Pflanzen mit abweichenden Chromosomenzahlen. Ztschr. f. Bot. VIII (1916) p. 417. - (37) ZIMMERMANN, Die Morphologie und Physiologie des pflanzlichen Zellkerns. Jena 1896, insbes. S. 8 - 14.

Ende des vierten Bandes.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Botanisches Archiv. Zeitschrift für die gesamte Botanik](#)

Jahr/Year: 1923

Band/Volume: [4](#)

Autor(en)/Author(s): Budde Hermann

Artikel/Article: [Beitrage zur Anatomie und Physiologie des Blattes auf Grund volumetrischer Messungen. 443-487](#)