

57. Karl Gaulhofer: Über die anatomische Eignung der Sonnen- und Schattenblätter zur Lichtperzeption.

(Mit Tafel IX.)

(Eingegangen am 17. Juli 1908.)

An dicht belaubten Sträuchern und Bäumen stehen die peripheren, der Sonne ausgesetzten und die im Schatten der übrigen verborgenen Blätter unter ganz verschiedenen Lebensbedingungen, die im Baue der Spreiten ihren anatomischen Ausdruck finden. Am auffälligsten wird das Assimilationssystem geändert, dessen Abhängigkeit vom Lichtgenusse daher am eingehendsten studiert worden ist¹⁾. Doch hat schon STAHL²⁾ darauf aufmerksam gemacht, daß auch das Hautgewebe durch sonnigen oder schattigen Standort modifiziert wird. Dem hohen Temperaturen ausgesetzten Sonnenblatte entsprechen derbe Epidermisaußenwände und große wasserreiche Zellen, dem vor intensiver Beleuchtung geschützten Schattenblatte zartere Wände und ein kleineres Lumen.

Zahlreiche Beobachter haben ferner darauf hingewiesen, daß sich die Sonnenblätter durch mannigfache Einrichtungen gegen zu starke Insolation schützen. Eine ausführliche Zusammenstellung dieser das Hautgewebe betreffenden Anpassungen findet man bei BAUMERT³⁾, der die Lichtschutzfrage auch einer eingehenden experimentellen Prüfung unterworfen hat.

Ebenfalls auf dem Lichtbedürfnis beruht der große Unterschied in der Stellung von Sonnen- und Schattenblatt zur Lichtrichtung. Die im grellen Sonnenlichte erwachsenden Blätter zeigen ganz das Verhalten der panphotometrischen Spreiten WIESNERS. Mehrfach gekrümmt, eingerollt, runzlig, weisen sie entweder keine bestimmte Orientierung zum Lichte auf, oder aber sie stellen sich unter dem Einflusse der Sonnenstrahlen mehr oder minder vertikal⁴⁾. Die Schattenblätter sind transversal-heliotropisch, meist flach ausgebreitet und stellen sich sehr genau auf Lücken im Blätterdache oder überhaupt nach der Seite des stärksten diffusen Lichtes ein. Einerseits also Lichtschutz, andererseits höchste Ausnützung des Lichtes.

Da die Laubblätter eine nicht unbedeutende anatomische und physiologische Umbildungs- und Anpassungsfähigkeit unter dem

1) Siehe HABERLANDT, Physiologische Pflanzenanatomie S. 267, Anm. 7.

2) Zeitschrift für Naturwissensch. XVI N. F. IX 1, 2, S. 14—17.

3) Beiträge z. Biol. d. Pfl. 9. Bd. 2. Heft, § 2—19.

4) STAHL, Zeitschr. f. Naturw. XVI. N. F. IX 1, 2, S. 26—27.

Einflüsse des Lichtgenusses erkennen lassen, so lag es vom Standpunkte der Lichtsinnestheorie HABERLANDTs sehr nahe, in der Epidermis der Schattenblätter vorteilhafte Anpassungen an die Lichtperzeption zu erwarten, gegenüber den Sonnenblättern derselben Art oder desselben Individuums. Schon HABERLANDT¹⁾ hat auf das große Interesse dieser Fragestellung für seine Theorie hingewiesen. ALBRECHT²⁾ hat kürzlich unter anderem eine größere Anzahl von Blättern daraufhin mit negativem Erfolge untersucht. Da mir aber seine etwa zwei Druckseiten umfassende Erledigung des Problems unzulänglich erschien, nahm ich mir dasselbe zum Gegenstande der nachfolgenden Untersuchungen.

Auf zwei Arten kann die Epidermis zu einem vollkommeneren Perzeptionsorgane werden. Entweder wird das Plasma empfindlicher, oder aber es wird der anatomische Bau der Zellen für die Lichtperzeption geeigneter.

Daß im schwachen Lichte oder im Dunkeln gezogene Pflanzen lichtempfindlicher sind, ist schon lange bekannt; ich verweise auf E. PRINGSHEIMS³⁾ sorgfältige Arbeit, in der auch die einschlägige Literatur erwähnt wird. Allerdings beziehen sich jene Beobachtungen ausschließlich auf Algenschwärmer und Keimpflanzen. Ein Analogieschluß auf das transversalheliotrope Blatt dürfte aber nicht verfehlt sein. Eine derartige höhere Reizbarkeit würde also anatomische Anpassungen überflüssig machen, so daß diese von der Lichtsinnestheorie nicht unbedingt gefordert werden. Tatsächlich konnten bei einer allerdings geringen Zahl der von mir untersuchten Pflanzen Unterschiede im Baue der Sonnen- und Schattenepidermis nicht gefunden werden, solche Unterschiede natürlich, die zu verschiedenen Beleuchtungsverhältnissen auf den Innenwänden führen.

Bei der großen Mehrzahl der untersuchten Pflanzen aber waren die Schattenblätter durch vollkommeneren Bau ihrer Perzeptionsorgane ausgezeichnet.

Natürlich darf man bei der Untersuchung nicht wie ALBRECHT lediglich darauf sehen, ob die Schattenepidermiszellen stärker gewölbt sind, es kann eine stärkere Wölbung ja sogar die Lichtkonzentration beeinträchtigen, wenn dadurch der Brennpunkt des

1) Die Lichtsinnesorg. d. Laubbl. ENGELMANN 1905 S. 126.

2) Ü. d. Perzeption d. Lichtrichtung in den Laubbl. Dissertation. S. 15 und 16.

3) Beitr. z. Biol. d. Pflanzen. 9. Bd. 2. H. S. 263—303.

Strahlenbüschels von der Innenwand weiter entfernt und der Zerstreuungskreis größer wird. Aus dem gleichen Grunde ist aber auch größere Höhe der Zellen bei gleicher Wölbung nicht maßgebend für die stärkere Sammlung. Es muß also jeder Vergleich der Sonnen- und Schattenform vom Linsenversuche ausgehen, dem erst die genaue anatomische Untersuchung zu folgen hat. Die Unterschiede im Gelingen des Linsenversuches sind aber nicht oft so bedeutend, daß sie ohne weiteres zu merken sind; da bewährt sich am besten der von mir befolgte Vorgang.

Man stellt beim Linsenversuche genau auf die Innenwand einer Zelle ein, und hebt dann den Tubus solange, bis das runde Blendenbildchen mit irgendeinem Gegenstande von jeweils gleicher Entfernung, z. B. dem Fensterbalken, scharf erscheint. Die Zahl der Grade oder Teilstriche, um die man die Mikrometerschraube jedesmal drehen muß, gestattet eine außerordentlich genaue Wertschätzung des Baues der Zellen¹⁾. Je mehr Grade nötig sind, desto geringer ist die Sammlung auf der Innenwand.

Die auf diese Art konstatierte Linsenwirkung einer Zelle allein sagt nicht genug aus. Man hat in zweiter Linie auch auf die Intensität der Erscheinung zu achten, die zum Beispiel durch einen genügend dichten Überzug von Wachskörnchen, wie ihn Sonnenblätter so häufig tragen, ganz wesentlich beeinträchtigt wird, ohne daß deshalb die Linsenwirkung aufgehoben wäre. Eine ähnliche, aber bei weitem nicht so starke Schwächung rufen mitunter Fältelungen der Cuticula hervor.

Mitunter findet man, daß ein Unterschied in der Wölbung der Sonnen- und Schattenepidermis nicht vorhanden ist, obwohl der Linsenversuch verschieden ausfällt. Diese Tatsache ist ohne weiteres erklärlich, wenn man bedenkt, daß die Sonnenzellen meist weitaus dickere Außenwände besitzen und dadurch trotz gleicher Proportionen scheinbar zur Lichtkonzentration geeignet werden als die zartwandigen Schattenepidermen.

Darauf bezügliche Konstruktionen findet man bei SPERLICH²⁾ mit einer ausführlichen Erklärung.

Ich will nunmehr die von mir an 17 von 22 untersuchten Pflanzen gefundenen Anpassungen kurz beschreiben. Das Material stammt ausnahmslos aus dem botanischen Garten der Grazer Universität, so daß mir von vornherein eine gewisse Beschränkung

1) Von einer Umrechnung der Grade in Millimeterbruchteile wurde Abstand genommen, da es sich lediglich um Vergleichszahlen handelt. Ich benutzte bei meinen Untersuchungen ein Stativ von Zeiß.

2) Sitz.-Bericht d. Wiener Akademie. Bd. LXVI. Abt. I. April 1907. S. 12.

in der Auswahl des Materials auferlegt war, indem ich nur Büsche und Bäume mit besonders dichtem Laubwerke berücksichtigen konnte. Bessere Ergebnisse würde sicher das Sammeln im Unterholze dichter Wälder liefern.

Prunus Padus stellt einen besonders schönen Anpassungsfall dar. Die unbestimmt orientierten Sonnenblätter sind zwar ziemlich flach ausgebreitet, ihre Oberfläche ist aber mit starken Runzeln bedeckt. Die Schattenblätter dagegen befinden sich stets deutlich in der fixen Lichtlage und besitzen flache, glatte Spreiten.

Beim Sonnenblatte gelingt der Linsenversuch nur mit den wenigsten Zellen und da recht schlecht. Die Mikrometerschraube muß durchschnittlich um 100° gedreht werden bis das Blendenbild erscheint.

Beim Schattenblatt dagegen zeigt der Linsenversuch sehr schöne, scharf differenzierte Zerstreungskreise, die sich bei einer Drehung von $5-10^\circ$ in Blendenbildchen umwandeln. Dementsprechend sind die Sonnenzellen (Fig. 2) auf Querschnitten länglich mit niedrigem Lumen, 24μ hoch, mit 6μ dicken Außen- und $6-8 \mu$ dicken Innenwänden. Die Außenwände, die nur recht schwach vorgewölbt sind, sind in der Mitte etwas dicker als an den Rändern. Die Innenwände wölben sich mehr minder gegen die Palisaden vor und zeigen die erwähnte auffallende Verdickung¹⁾.

Die Schattenblattepidermis (Fig. 1) weist ebenso hohe (24μ) aber stets kürzere Zellen auf. Auch entfällt ein größerer Teil der Höhe auf die Wölbung nach außen und innen. Oft ist die ganze Außen- und Innenwand gleichmäßig vorgewölbt, oder es sind beschränkte einander gegenüberliegende Stellen kuppelartig ausgebaucht, wie es schon SEEFRIED²⁾ für eine Anzahl von Pflanzen beschrieben und abgebildet hat. Die Außenwand ist ebenso dick wie im Sonnenblatt (6μ), die Innenwand dünner (4μ). In beiden Epidermen sind Gerbstoffe vorhanden. Die Cuticula des Sonnenblattes ist glatt oder zart gefältelt, die des Schattenblattes ebenso,

1) Derart erinnern sie lebhaft an die von BAUMERT in seiner oben zitierten Arbeit beschriebenen und auf Seite 134 abgebildeten Hohlspiegelzellen der *Bromeliaceen*, denen er große Bedeutung bei der Lichtreflexion zuweist. In wieweit auch geringerer Maße sind sicher auch die Sonnenepidermen von *P. Padus* zur Reflexion geeignet

2) Lichtsinnesorgane der Laubblätter einheimischer Schattenpflanzen, Berichte d. Wiener Akademie, Bd. LXVI. Abt. I. Juli 1907. S. 1311—1357.

ohne daß die schwachen Fältchen den Linsenversuch stören. Es ergibt sich somit eine beträchtliche Überlegenheit des Schattenblattes.

Prunus Avium. Der Linsenversuch gelingt beim Schattenblatt besser. In der Wölbung der Zellen ist zwar kein besonderer Unterschied zu finden, indem man die Schraube immer um etwa 60° drehen muß, um auf das Blendenbildchen einzustellen, wohl aber ist die Sonnencuticula stark skulpturiert, der Zerstreuungskreis dadurch arg „verkratzt“. Im Schattenblatt stört die gleichmäßig gefältelte Cuticula den Linsenversuch nicht. Infolge der welligen Radialwände entstehen unregelmäßige Mittelfelder. Auf Querschnitten sieht man, daß im Schatten- und Sonnenblatte fast alle Epidermisinnenwände stark verschleimt sind. Auf dem Plasmabelag der Innenwand kommt also wohl auch im Schattenblatte kaum eine Helligkeitsdifferenz zustande, und man muß mit HABERLANDT annehmen, daß die obere Plasmahaut der Palisadenzellen den Lichtreiz perzipiert. Unter dieser Annahme ist das Lichtblatt wegen seiner stark skulpturierten Cuticula schlechter gebaut. Die Zellen über dem Gefäßbündeln sind in beiden Blattarten unverschleimt.

Prunus cerasifera wird von ALBRECHT¹⁾ als ein Beispiel besserer Eignung der Sonnenblätter angeführt. Er behauptet, daß „die Außenwände der Lichtblätter eine allerdings nur in geringem Maße stärkere Krümmung“ aufweisen. Das ist ebenso wie die darauf bezüglichen Zeichnungen unrichtig. Der Sachverhalt ist vielmehr folgender. Die Lichtzellen weisen allgemein viel größere Dimensionen ($20 - 36 \mu$ breit, $26 - 32 \mu$ hoch) auf als die Schattenblätter ($9 - 12 \mu$ breit, 26μ hoch). Auch relativ sind sie breiter, während der Wölbungsanteil an der Höhe in beiden Blättern ungefähr gleich, oft sogar im Schattenblatte größer ist. Daraus resultiert ein kleinerer Krümmungsradius und stärkere Konzentration im Schattenblatte. Die Schattenaußenwand ist zarter als die meist 4μ dicke der Sonnenepidermis. Endlich aber hat ALBRECHT vollkommen die häufige Verschleimung der Innenwände im Sonnenblatte übersehen, wovon das Schattenblatt völlig frei ist. So ist es nicht verwunderlich, wenn der Linsenversuch beim Schattenblatte sehr schön ausfällt, beim Sonnenblatte völlig mißlingt, wozu noch die stark gefältelte Cuticula ihren Teil beiträgt. Die Innenwände im Sonnenblatte sind durchweg stark vorgewölbt, im Schattenblatte etwas weniger und gleichmäßiger bogig.

1) Dissertation, S. 16.

Tilia grandifolia ist schon von HABERLANDT¹⁾ beschrieben worden, ohne Rücksichtnahme auf Schatten- und Sonnenform. Nach ihm sind die Innenwände der meisten Epidermiszellen stark verschleimt und letztere zur Perzeption auch ihrer ebenen Außenwände wegen nicht geeignet; die unverschleimten Zellen vermögen infolge ihrer konvexen Außenwände zu perzipieren. Diese Beschreibung paßt teilweise auf das Schattenblatt, in dem aber verschleimte Zellen nicht einmal besonders häufig sind. Der Linsenversuch gelingt daher sehr gut. Im Sonnenblatte dagegen wird es gar nicht leicht, unverschleimte Zellen aufzufinden. Meist treten sie nur über den Gefäßbündeln auf. Der Linsenversuch gelingt daher auch gar nicht, oder nur mit wenigen Zellen²⁾.

Tilia alba hat ebenfalls verschleimte Innenwände. Im Sonnenblatt ist die große Mehrzahl der Zellen nach außen schwach, nach innen sehr stark gewölbt, und mit mächtigen Schleimpolstern versehen; dichter Wachskörnchenüberzug. Über den Bündeln wenige unverschleimte Zellen. Im Schattenblatte bleiben fast alle Zellen unverschleimt, und sind nach außen deutlich gewölbt. Innenwände eben. Wo Verschleimung eintritt, ist sie so mäßig, daß noch immer auf dem Plasmabelag der Innenwand die Perzeption erfolgen kann, die im Sonnenblatt durch den starken Wachsüberzug allein schon verhindert werden würde.

Betula pubescens. Im Sonnenblatte sind die Innenwände durchgehends verschleimt, die Zellen über den Gefäßbündeln ausgenommen. Die Außenwände sind schwach, die Schleimpolster sehr stark gewölbt. Das Schattenblatt weist über und neben den Gefäßbündeln eine stattliche Anzahl unverschleimter Zellen auf, mit denen infolge der kräftigen Wölbung der Außen- und Innenwände der Linsenversuch ausgezeichnet gelingt. Die verschleimten Zellen sind wie die des Sonnenblattes gebaut. An jungen Schattenblättern, die ebenfalls eine größere Anzahl verschleimter Zellen besitzen, konnte ich mitunter die Außenwand einer solchen Zelle in der Mitte zu einer kleinen Kuppel emporgestülpt sehen, wodurch trotz der Verschleimung die Konzentration des Lichtes auf das Innenwandplasma erfolgt. Diese Einrichtung ist aber verhältnismäßig selten. Die Anpassung des Schattenblattes ist also an dieser schon von

1) Die Lichtsinnsorgane der Laubblätter, S. 96 mit Fig. 23 auf Taf. I.

2) Faßt man die Schleimpolster als Schutzeinrichtung gegen Trockenheit auf, so bedarf das Sonnenblatt einer solchen natürlich weit eher. Mit dem Zurücktreten der Schleimpolster im Schattenblatt ist aber für dieses noch der große Vorteil bei der Lichtperzeption verbunden. In jungen Blättern findet sich ebenfalls eine große Anzahl unverschleimter papillöser Zellen.

ALBRECHT untersuchten Pflanze zweifellos, was von ihm bestritten wird.

Corylus colurna sei als letztes Beispiel der Schleimpolster-epidermis erwähnt. Während im Sonnenblatte wiederum alle Zellen Schleimpolster besitzen, fehlen sie der Schattenepidermis nahezu. Ihre Zellen sind mäßig konvexe Linsen, auf Querschnitten nur in der Mitte gewölbt. Der Linsenversuch gelingt mit dem Schattenblatte recht gut. Die schwachen Cuticularfalten stören nicht. In größeren Zellgruppen in der Nähe der Bündel fehlen sie ganz.

Fagus silvatica wird von STAHL¹⁾ mit Bezug auf das Assimilationssystem als eines der besten Beispiele der Anpassungsfähigkeit an die Beleuchtung genannt. Da die Schattenblätter auch ganz ausgesprochen die fixe Lichtlage einnehmen, waren anatomische Anpassungen der Schattenepidermis wohl vorauszusehen. Die Außenwände typischer Sonnenblätter sind dick und eben, die Innenwände etwas vorgewölbt, aber meist recht unregelmäßig. Blätter aus dem tiefen Waldschatten dagegen besitzen zartwandige bikonvexe Epidermiszellen, mit denen der Linsenversuch sehr schön gelingt, während er mit dem Sonnenblatt zu keinem Ergebnisse führt²⁾. ALBRECHT hat bei *Fagus silvatica* keine Anpassung gefunden.

Cercis siliquastrum. Das Schattenblatt ist durch Ausbildung stärker konzentrierender Papillen dem Sonnenblatt überlegen, wie ein Vergleich der Figuren 3 und 4 lehrt. Bei gleicher Breite ist die Schattenzelle etwas höher. Auf die Innen- und Außenwölbung entfällt ein größerer Anteil. Die Außenwand ist zarter. Ein Wachskörnchenüberzug auf beiden Blättern stört wenig. Auch im Sonnenblatt gelingt der Linsenversuch, aber ganz bedeutend schlechter. Es ist eine Drehung der Mikrometerschraube um etwa 90° nötig, um das Blendenbildchen zu sehen, während im Schattenblatte eine Drehung um 10—15° zumeist hinreicht.

Ostrya virginica. Hier sind die Unterschiede zwischen Sonnen- und Schattenblatt ebenso auffallend. Mit den sternförmigen Zellen des Schattenblattes gelingt der Linsenversuch ausgezeichnet, indem sich das scharf umschriebene sternförmige Mittelfeld bei 30 bis 50°

1) Über d. Einfl. des sonnigen oder schattigen Standortes a. d. Ausbildung der Laubblätter. Seite 7.

2) In derselben Arbeit gibt STAHL Abbildungen von Buchenblattquerschnitten wieder (Fig. 1, 2a und 3 auf Taf. X), aus denen deutlich hervorgeht, daß er schon im Jahre 1883 die von mir oben beschriebene Anpassung der Schattenepidermis beobachtet hat. Auch seine Abbildungen von *Lactuca scariola* (4 u. 5 ders. Taf.) zeigen die Anpassung d. Schattenepidermis.

Schraubendrehung in das Blendenbild umwandelt. Im Sonnenblatte gelingt der Linsenversuch ebenfalls, der dunkle Saum ist aber viel schmaler, das Blendenbildchen erscheint erst nach Drehung um $90-120^\circ$. Dementsprechend sind die Schattenzellen sehr deutlich bikonvex mit zarten Außenwänden (Fig. 5, 6). Bei einer Zellhöhe von $22\ \mu$ entfallen $8\ \mu$ auf die Wölbung der Außenwand. Lange Zellen sind nur in der Mitte gewölbt (Fig. 6). Die derbwandigen Sonnenzellen (Fig. 7) sind meist auch absolut niedriger, besitzen nur schwach gewölbte Außen- und Innenwände. Über den Gefäßbündeln sind in beiden Blättern die Zellen stärker papillös.

Chionanthus virginica. Das Sonnenblatt besitzt eine ebene glänzende Oberfläche. Der Linsenversuch gelingt nicht oder nur sehr zweifelhaft. Die Außenwände sind eben, manchmal recht schwach gewölbt und $4\ \mu$ dick. Die Innenwände sind zwar zumeist gewölbt, oft jedoch so unregelmäßig, wie bei *Fagus silvatica*. Die Zellhöhe beträgt $14-18\ \mu$. Im ebenen Schattenblatt gelingt der Linsenversuch deutlich. Nach $60-70^\circ$ Schraubendrehung erscheint das Blendenbild. Die Außenwände sind dementsprechend deutlich vorgewölbt, die Innenwände eben. In einer $14\ \mu$ hohen Zelle entfallen $4\ \mu$ auf die Wölbung. Die Außenwand ist ganz dünn. Die Cuticula des Schattenblattes ist etwas gefältelt, im Sonnenblatte glatt, womit wohl auch dessen Glanz zusammenhängt.

Evonymus europaea. Das Schattenblatt ist nur in geringem Maße vorteilhafter konstruiert als das Sonnenblatt. Mittels des Linsenversuchs konnte konstatiert werden, daß bei der Sonnenblatt-epidermis eine um etwa $10-15^\circ$ stärkere Schraubendrehung zur Erzielung eines Blendenbildes nötig ist. Die Zellen sind nicht auffallend voneinander verschieden. Die Sonnenepidermis ist etwa $24\ \mu$ hoch, $36-44\ \mu$ breit mit $4\ \mu$ dicken Außen- und vorgewölbten Innenwänden. Die Schattenzellen sind $28\ \mu$ hoch, von denen $10\ \mu$ auf die Papille entfallen, $40\ \mu$ breit; die Innenwände sind nahezu immer eben; alle Wände dünn. Beide Blätter besitzen einen schwachen Wachskörnchenüberzug.

Laurus Benzoin. Beide Blätter sind mit einem Wachsüberzuge versehen, der im Sonnenblatte infolge seiner Dichte den Linsenversuch vereitelt. Im Schattenblatte gelingt er dagegen vortrefflich, so daß eine $10-15$ gradige Drehung das Blendenbild sichtbar macht. Die Sonnenzellen sind im allgemeinen mäßig bikonvex. Nur über den Ölbehältern und Bündeln ist ihre Wölbung kräftiger. Die Außenwände, die von einer kräftig skulpturierten Cuticula überzogen sind, sind $4-5\ \mu$ dick. Häufig sind die Innenwände eben. Die Schattenzellen sind wiederum dünnwandig, ohne Skulpturen

und sind oft stark nach außen gewölbt, während die Innenwände eben sind. Bei gleicher Zellhöhe von $20\ \mu$ entfallen im Sonnenblatte 2—4, im Schattenblatte 6—8 μ auf die Wölbung.

Lonicera tatarica. Der Linsenversuch gelingt im Sonnen- und Schattenblatte. Das Blendenbild erscheint aber im Sonnenblatt um 70° später. Letzteres besitzt auch einen weit dichteren Wachs-körnchenüberzug, der den Linsenversuch stört. In beiden Blättern haben die Zellen vollkommen gleiche Dimensionen; 18—20 μ Höhe, 20 μ Breite. Die Sonnenepidermis ist mit einer 3—4 μ dicken Außenwandung versehen. Auf die Wölbung entfallen 2 μ . Die Schattenepidermis ist zartwandiger. Die Papillen sind 4 μ hoch. Die Innenwände sind im Sonnenblatte stärker gewölbt.

Calycanthus floridus. Im Sonnenblatt kann auch bei sehr hoher Einstellung kein Fensterbild erhalten werden, während ein solches im Schattenblatt bei Drehung um 40° erscheint. Das Sonnenblatt ist dichter mit Wachskörnchen überzogen. Seine Epidermiszellen sind dickwandig, 20 μ hoch, 26 μ breit, flachgewölbt. Innen- und Außenwand sind 4 μ dick. An den 16 μ hohen Schattenzellen entfallen 6 μ auf die Wölbung bei 22 μ Zellbreite. Außenwand in der Mitte 3 μ dick, gegen den Rand zarter.

Tropaeolum majus wurde von HABERLANDT¹⁾ schon beschrieben. An jungen Blättern ist demnach die ganze Epidermis papillös, an älteren zum großen Teil flach, nur die dem Rande benachbarten Zellen weisen in der Mitte eine lokale Vorwölbung auf, die vorzüglich als Sammellinse funktioniert. Auf einem stets der Sonne ausgesetzten Beete des Grazer botanischen Gartens wird ein *Tropaeolum majus* gezogen, dessen Blätter keine bestimmte Orientierung zum Lichte aufweisen. Die Untersuchung ergab, daß nur in jungen Sonnenblättern die ganze Epidermis papillös ist. In älteren Blättern ist die ganze Epidermis nahezu flach, auch die von HABERLANDT beschriebenen Einrichtungen fehlen, oder treten äußerst selten auf. Ein einziges von 6 untersuchten Blättern wies den Bau der Schattenform auf.

Cydonia vulgaris will ich schließlich als insofern interessant beschreiben, weil hier die Anpassung durch Umbildung der Außenwände zu Sammellinsen erfolgt. Die Außenwände des Sonnenblattes (Fig. 9) sind vollkommen eben, oder eben noch merklich konvex, wobei die Konturen der 6 μ dicken Wände völlig parallel verlaufen; selten bleibt die Innengrenze eben. Die Cuticula ist stark gefältelt. Der Linsenversuch mißlingt. Im Schattenblatte ist die

1) Die Lichtsinnesorgane der Laubblätter, S. 100.

Außenwand nur in der Mitte 5—6 μ dick, gegen den Rand verschmälert sie sich auf 3 μ . Die gesamte Außenwand stellt also eine plankonvexe oder bikonvexe, allerdings flache Linse dar, deren wenn auch nicht bedeutende Wirkungsfähigkeit durch den Linsenversuch deutlich erwiesen wird. Im übrigen sind die Dimensionen der Epidermiszellen bei Sonnen- und Schattenblatt vollkommen gleich. (17—18 μ Höhe, 20—40 μ Breite.)

Die Schattencuticula ist viel schwächer gefältelt, oft fehlen die Cuticularfalten, wenigstens in der Zellmitte, ganz.

Keine merkliche anatomische Anpassung konnte ich bei *Aesculus discolor*, *Ampelopsis quinquefolia*, *Akebia quinata*, *Impatiens parviflora* und *Rhus Cotinus* finden.

Kurz zusammengefaßt sind die Ergebnisse meiner Untersuchungen folgende:

1. Bei den meisten untersuchten Pflanzen, 17 von 22, ist die obere Epidermis des Schattenblattes zur Lichtperzeption besser geeignet als die des Sonnenblattes.

2. Die anatomischen Merkmale, welche hierbei in Betracht kommen, lassen sich in folgende Gruppen bringen, die allerdings selten allein an einer Pflanze auftreten:

a) das Schattenblatt bildet stärker konzentrierende Papillen aus: *Cercis siliquastrum*, *Prunus Padus*, *Fagus silvatica* u. a.;

b) die Außenwand der Schattenepidermis wird zu einer Sammellinse: *Cydonia vulgaris*;

c) die im Sonnenblatte mächtig entwickelten Schleimpolsterwände fehlen den Schattenzellen wenigstens zum großen Teile: *Tilia grandifolia*, *T. alba*, *Betula pubescens* u. a.;

d) im Schattenblatte wird die Lichtperzeption häufig dadurch begünstigt, daß die beim Sonnenblatte vorhandenen dichten Wachsüberzüge oder Cuticularskulpturen schwächer ausgebildet sind.

3. Da die Anpassung des Schattenblattes auch auf einer größeren Empfindlichkeit des Plasmas beruhen kann, stehen die Pflanzen mit Schattenblättern ohne anatomische Anpassungserscheinungen mit der Theorie der Lichtsinnesorgane nicht in Widerspruch.

4. Die gegenteiligen Angaben ALBRECHTS erklären sich aus der Unzulänglichkeit seiner Untersuchungen.

Botanisches Institut der Universität Graz.

Erklärung der Abbildungen.

- Fig. 1. *Prunus Padus*. Obere Epidermis des Schattenblattes.
 Fig. 2. *Prunus Padus*. Epidermis des Sonnenblattes.
 Fig. 3. *Cercis filiquastrum*. Epidermiszelle des Schattenblattes.
 Fig. 4. *Cercis filiquastrum*. Epidermiszelle des Sonnenblattes.
 Fig. 5 u. 6. *Ostrya virginica*. Epidermis des Schattenblattes.
 Fig. 7. *Ostrya virginica*. Epidermis des Sonnenblattes.
 Fig. 8. *Cydonia vulgaris*. Epidermis des Schattenblattes.
 Fig. 9. *Cydonia vulgaris*. Epidermis des Sonnenblattes.

58. E. Pantanelli: Über Pilzrevertase.

(Eingegangen am 30. Juli 1908.)

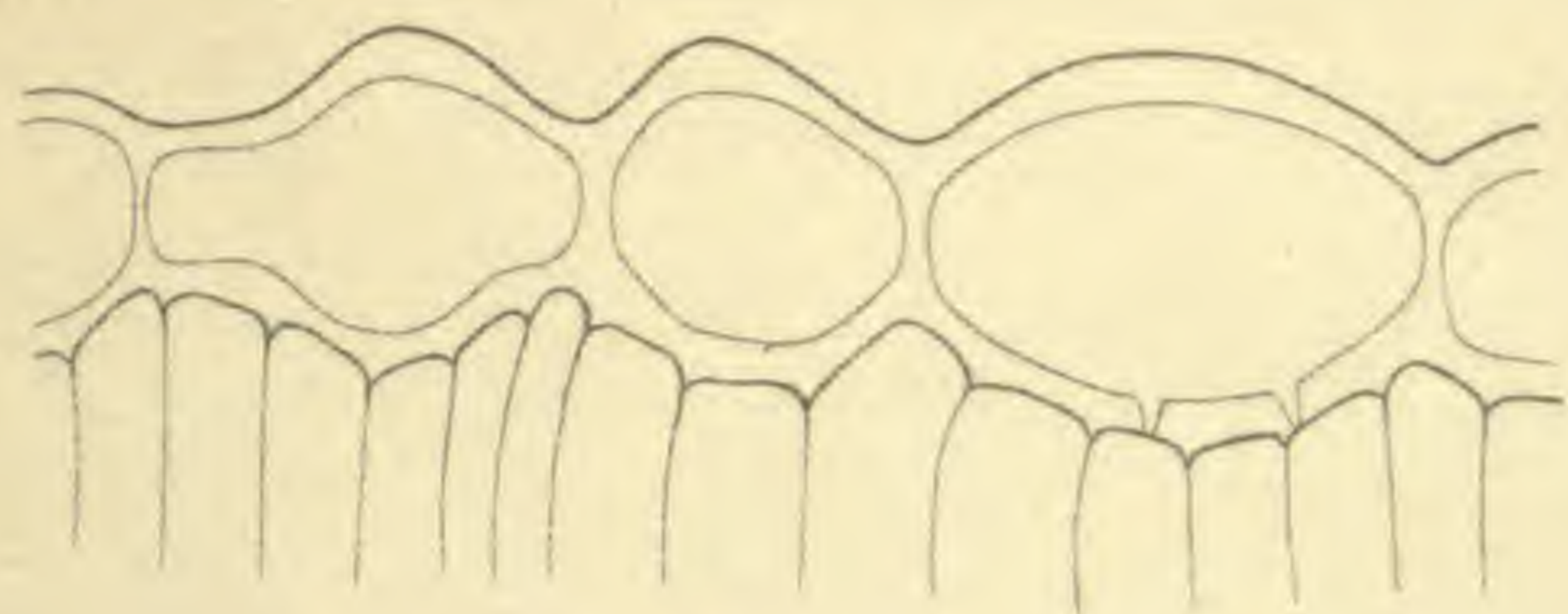
Seit einigen Jahren beschäftige ich mich mit der Frage nach dem Bildungs- und Sekretionsmechanismus der pflanzlichen Enzyme. Zuerst wurde das denkbar einfachste Enzym, die Invertase, untersucht und aus verschiedenen Gründen, die ich in meiner ersten Arbeit auf diesem Gebiete erörtert habe¹⁾, die Invertase von Hefezellen und Schimmelpilzen gewählt. Dabei stieß ich aber auf eine neue Erscheinung, nämlich auf die revertierende Wirkung der Kulturflüssigkeiten und Zellbreie aus diesen niederen Organismen, welche ihr Rohrzuckerspaltungsvermögen unter gewissen Umständen maskiert oder übertrifft. Dadurch wurde die Erforschung der Sekretionsmechanik der Invertase außerordentlich erschwert; wie ich trotzdem ein gewisses Licht über das verwickelte Problem zu werfen versuchte, kann man aus der betreffenden Abhandlung ersehen²⁾.

In neuerer Zeit ist eine kurze Mitteilung von KOHL³⁾ er-

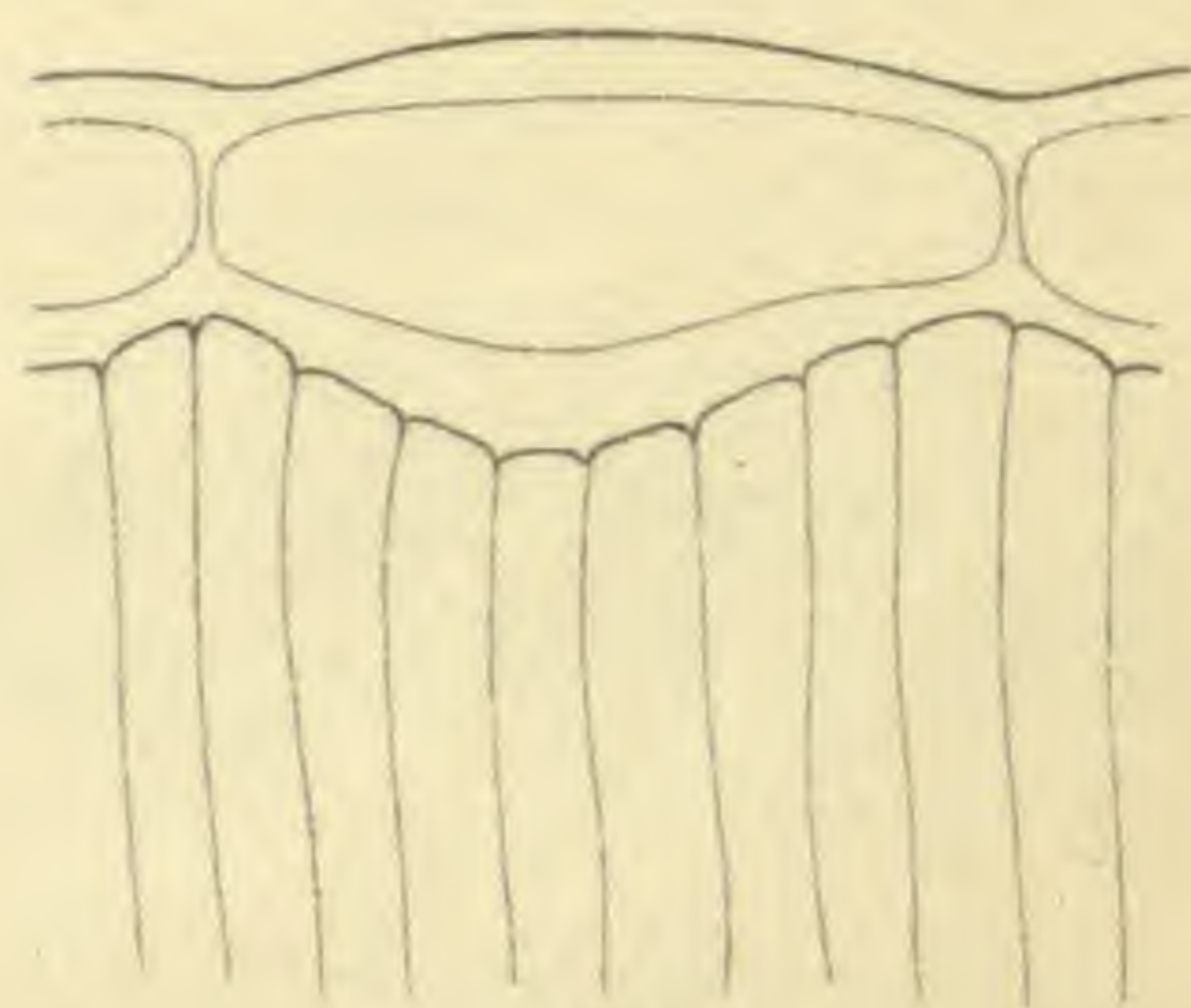
1) Meccanismo di secrezione degli enzimi. I. Influenza dei colloidi sulla secrezione dell' invertasi. *Annali di Botanica*, Vol. III, p. 113 (1905).

2) Meccanismo di secr. d. enz. III. Secrezione reversibile dell' invertasi. *Ann. di Botan.*, Vol. V, pag. 355 (1906).

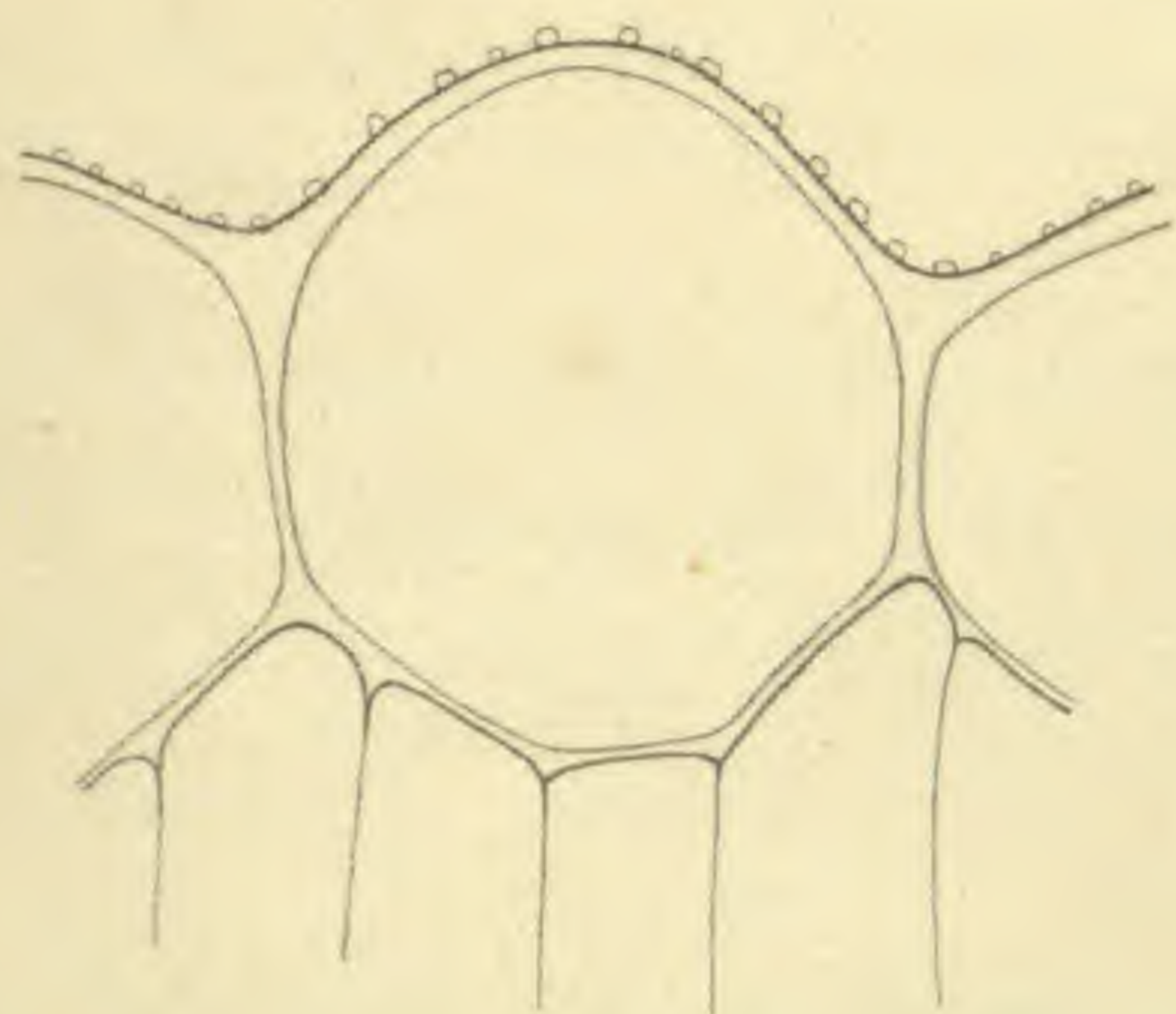
3) Über die Reversibilität der Enzymwirkungen usw. *Beihefte z. Bot. Centr.* Bd. XXIII, I. Abt., S. 64 a—o (1908).



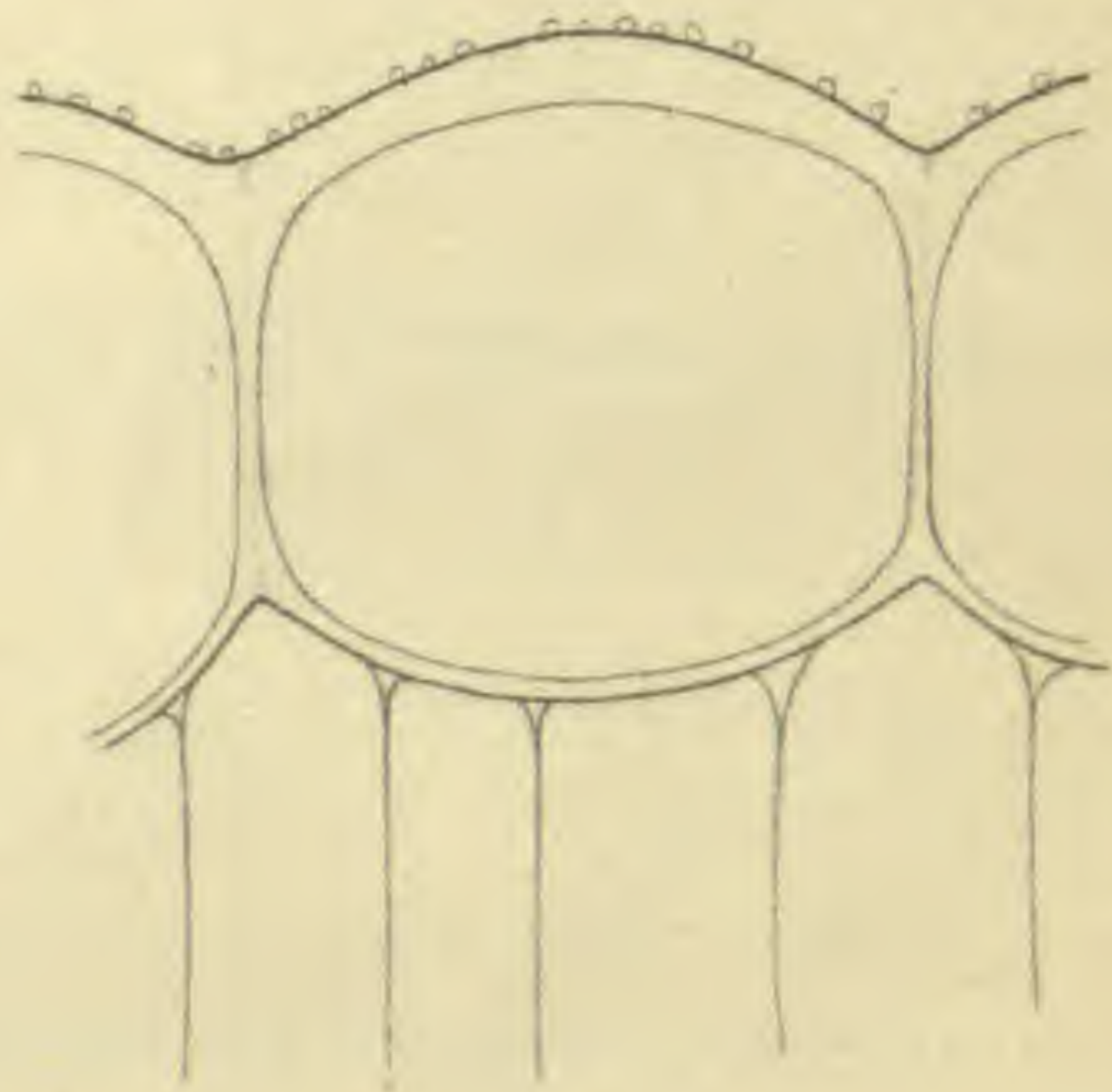
1.



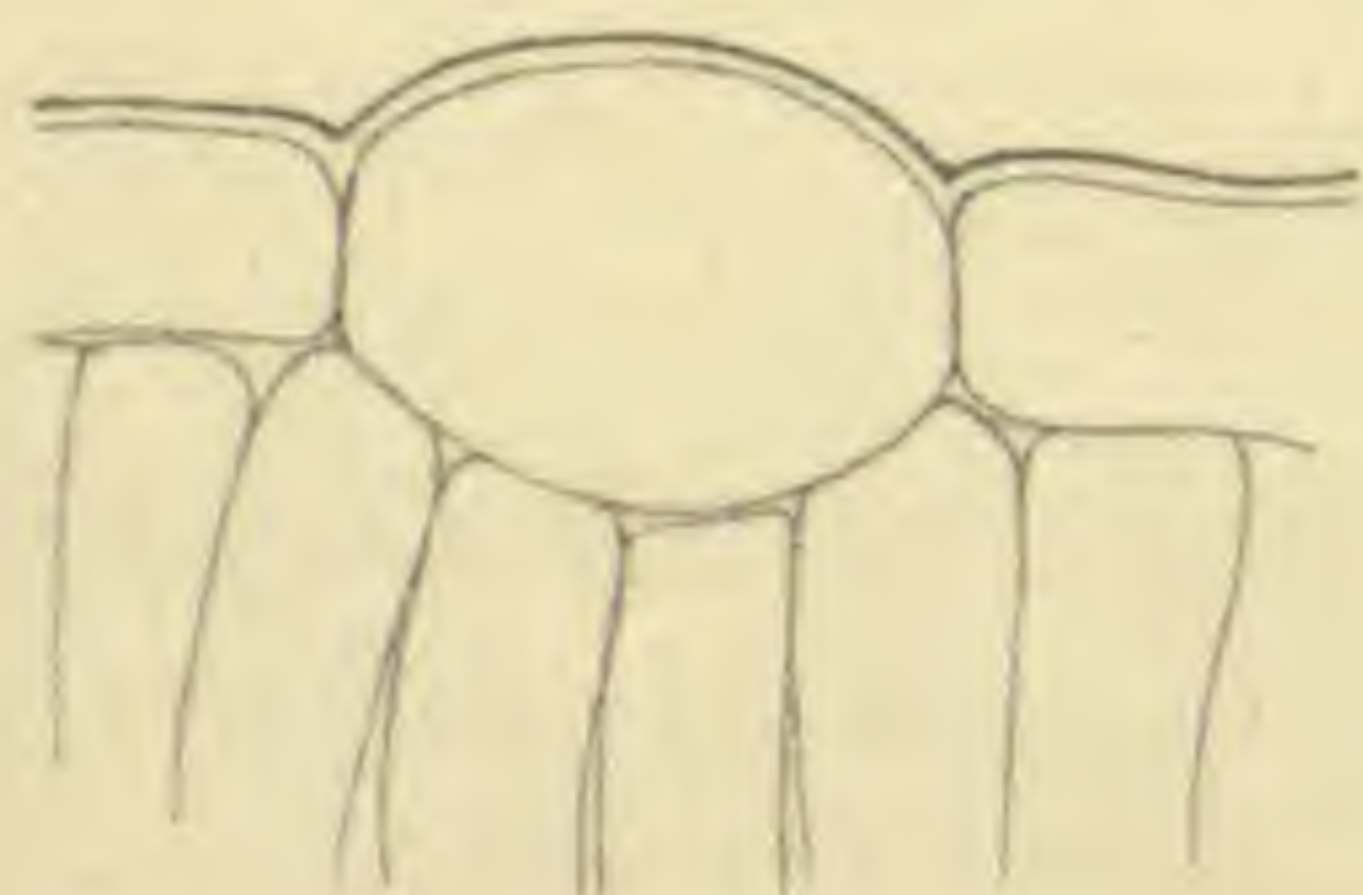
2.



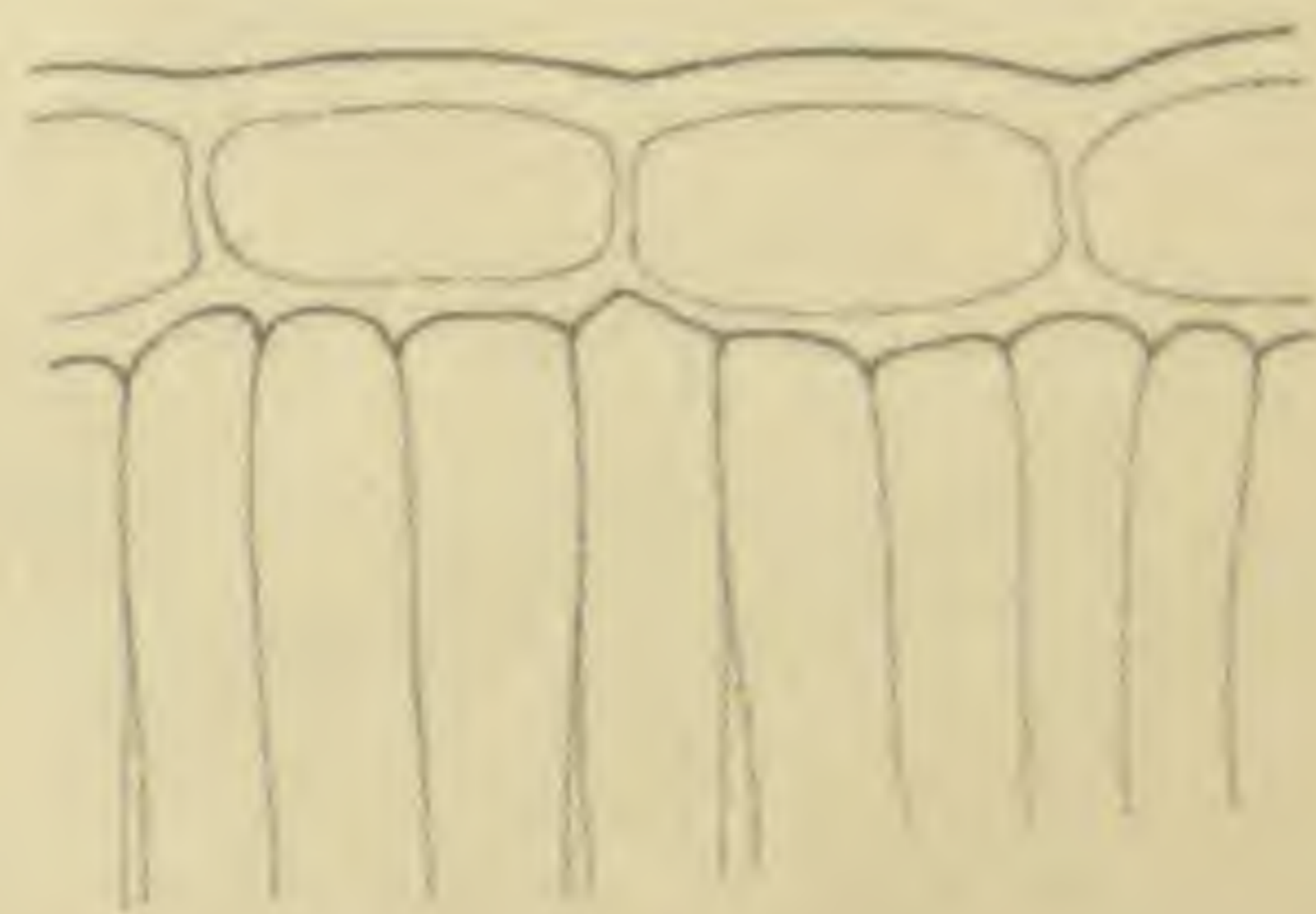
3.



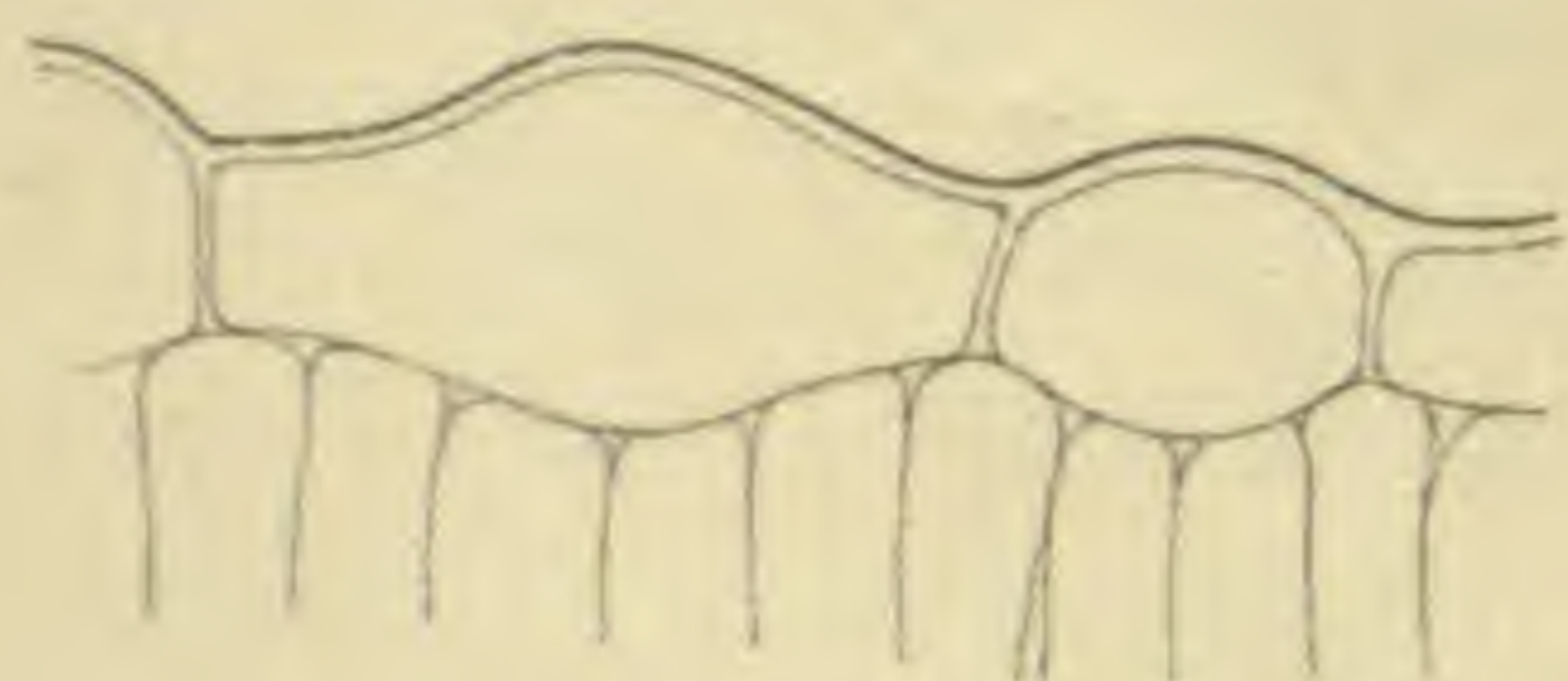
4.



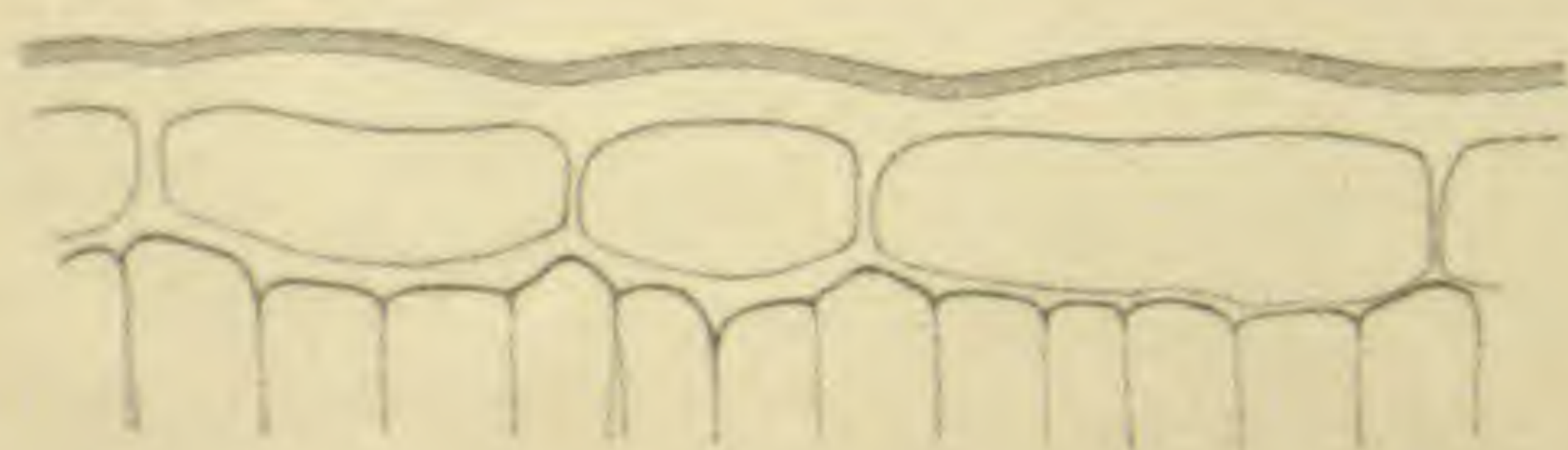
5.



7.



6.



8.



9.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft](#)

Jahr/Year: 1908

Band/Volume: [26a](#)

Autor(en)/Author(s): Gaulhofer Karl

Artikel/Article: [Über die anatomische Eignung der Sonnen- und Schattenblätter zur Lichtperzeption. 484-494](#)