II. Anatomie.

A. Zellenlehre.

Jeder Pflanzenkörper, auch jeder seiner Teile, besteht aus Zellen, welche mikroskopisch klein sind und entweder in der Einzahl oder bis zu vielen Tausenden in einer Pflanze enthalten sein können. Wir verstehen unter einer Zelle das Elementarorgan eines jeden Pflanzenkörpers, welcher als Hauptbestandteil das Protoplasma, die Grundsubstanz der Lebensthätigkeit jeder Pflanze, enthält; man bezeichnet daher die Zelle auch als **Energide.**

Bei mikroskopischer Betrachtung einer Zelle können wir an ihr folgende Teile unterscheiden: Nach aussen hin ist die Zelle durch eine zarte, dünne Cellulosehaut, die **Zellwand,** abgeschlossen, welcher im jugendlichen Zustand eine stets in Umwandlung begriffene, gallertartige Substanz, das **Protoplasma,** eng anliegt; in letzterem ist als ein Bestandteil desselben eine scharf umgrenzte Stelle, der **Zellkern,** nebst den **Chromatophoren** eingebettet. Das anfänglich die ganze Zelle ausfüllende Protoplasma bildet später Hohlräume sog. **Vakuolen,** welche einen wässrigen Inhalt, den **Zellsaft,** besitzen. Der Zellsaft enthält anorganische und organische Stoffe gelöst, welche teils als Reservestoffe für eine spätere Ernährung der Pflanze abgelagert sind oder als beim Stoffwechsel unentbehrlich gewordene Sekrete keine Verwendung mehr finden.

Die **Zellwand** ist im jugendlichen Stadium der Zelle ein dünnes Häutchen, welches von dem Protoplasma nachträglich gebildet wird. Die Zellmembran ist kein notwendiger

Bestandteil der Zelle, da es auch Zellen ohne Membran, sog. nackte Zellen, gibt, die wir z. B. bei den Schleimpilzen oder Myxomyceten antreffen und hier als ein Plasmodium bezeichnen. Die Zellmembran besitzt osmotische Eigenschaften, so dass das Protoplasma der einen Zelle mit den Nachbarzellen in Verbindung steht. Sobald die Zelle eine gewisse Ausdehnung erreicht hat, wächst auch die Zellwand und zwar unterscheiden wir bei der letzteren **Flächenwachstum,** wobei die Vergrösserung der Zellwand durch die Zunahme des Zellinhaltes nach allen Richtungen hin stattfindet, und **Dickenwachstum,** wobei aus den Nährstoffen der Zelle neue Cellulose gebildet wird, die sich schichtenweise an die vorhandene anlegt, man bezeichnet diese Form des Zuwachses als **Apposition,** während wir unter **Intussusception** eine Zellenwandverdickung verstehen, welche auf der Einlagerung neu gebildeter Cellulose zwischen Poren der vorhandenen Zellmembran beruht. Je nachdem die Verdickungen an der Innen- oder Aussenseite der Zellmembran angelagert sind, sprechen wir von centripetalen oder von centrifugalen Verdickungen.

Centripetale Verdickungen. Die Zellmembran erfährt auf der Innenseite durch wiederholtes Ablagern neugebildeter Cellulose oft starke Verdickung, welche aber niemals gleichmässig erfolgen kann, da sonst der Zelle nicht neue Nährstoffe zugeführt werden könnten; deshalb bleiben an der Zellwand unverdickte Stellen, welche den Übertritt des Protoplasmas in benachbarte Zellen ermöglichen. Diese unverdickten Stellen heissen **Tüpfel,** die Zugänge zu ihnen **Tüpfelkanäle.**

Die Tüpfel sind meistens kleine, runde oder spaltenförmige Löcher, da bei ihrer Bildung sich die Zellwand nach der erneuten Celluloseablagerung nur noch wenig ausdehnt. Der Stoffwechsel zwischen solchen getüpfelten Zellen findet in der Weise statt, dass die Tüpfel der einen Zelle in die Tüpfel der benachbarten Zelle einmünden. Bei den Coniferen finden wir die sog. **gehöften Tüpfel** oder **Hoftüpfel,** bei welchen die Tüpfelkanäle nach innen zu eine bedeutende Verengerung erfahren und so auf jeder Seite der als Schliess-

Torus

das Wachstum der Zelle wird bewirkt durch das Wachsen der Zellwand u. des Protoplasmas. Das Protoplasma wächst nicht so schnell, wie die Zellwand, es entstehen Vacuolen.

Jüngere Zelle

Tüpfel: sind in der Verdickung zurückgebliebene Zellen (sie sind Canäle)
die Tüpfel sind stets korrespondierend (Zelle a. u. b).

: gegenseitiger Tüpfel: in Steinzellen u. im Fruchtfleisch.

Hoftüpfel stehen in Beziehung zur Wasserleitung der Pfl.
Hoftüpfel sind nicht immer kreisrund, oftmals auch elliptisch.
Die Innenmündung der Tüpfel ist mitunter spaltenförmig, z.B. bei den Dicotylen. Gegenständige Tüpfel bei den Coniferen u. Marchantia.
Netzförmig getüpfelte Zellen.

Torus: Ist die verdickte Querwand in der Mitte des Hoftüpfel.

Cystolithen: sind zapfenförmige Verdickungen der Zellmembran.

die Zelle enthält auch Pectinstoffe u. Kalose. Pektinstoffe werden durch Methylenblau nachgewiesen.

Zellmembran ist organis. Cellulose.

Micellen: sind kleine Bausteine der Zellmembran.

Wachstum der Zellmembran findet nur an der Oberfläche mit Hilfe von lebendigem Protoplasma statt.

haut bezeichneten Zwischenwand ein Vorraum entsteht. Die gehöften Tüpfel dienen als Leitbahnen für das Wasser.

Dehnt sich dagegen die Zellwand nach der Celluloseablagerung noch bedeutend aus, so bilden die unverdickt gebliebenen Stellen grössere Flächen, während die Zellwandverdickungen nur bandartig erscheinen; wir unterscheiden hierbei ringförmige, spirale, treppenförmige und netzartige Verdickungen.

Findet gar keine nachträgliche Ausdehnung der Zellwand statt, während fortwährend erneute Celluloseablagerung vor sich geht, so wird schliesslich der ganze Raum der Zelle fast vollständig verdickt; solche dickwandige Zellen heissen **Sklerenchymzellen** oder **Steinzellen.**

Bei den Urticaceen haben wir noch einen ganz besonderen Fall von Verdickung, nämlich sog. **Cystolithen,** welche dadurch entstehen, dass die Zellwand zapfenförmig in das Zellinnere hineinwächst und auf dem, an einem verkieselten Stiel befestigten, breiten Teil grosse Mengen von kohlensaurem Kalk abgelagert enthält. Das ganze Gebilde ist dann ungefähr von der Gestalt einer Weintraube und finden wir die schönsten Cystolithen in den Blättern des bekannten Gummibaumes, Ficus elastica.

Centrifugale Verdickungen entstehen an der Aussenseite der Zellwand; sie können niemals in dem Gewebe höher organisirter Pflanzen sich bilden, sondern sind nur an frei für sich existenzfähigen Einzelzellen, z. B. bei Sporen und Pollenkörnern vorhanden, indem sie diesen eine rauhe Oberfläche verleihen und so das Haftenbleiben erleichtern.

In chemischer Beziehung besteht die Zellmembran im jugendlichen Zustand aus einem stickstofffreien Kohlehydrat, der **Cellulose**, von der Formel $(C_6H_{10}O_5)_x$; ist also der Stärke polymer, wird aber erst nach Zusatz von Schwefelsäure durch Jod oder durch Chlorzinkjodlösung gebläut, während Stärke mit Jod sofort eine intensive Bläuung gibt. Charakteristisch ist die Löslichkeit der Cellulose in concentrirter Schwefelsäure, sowie in dem sog. Schweizer's Reagens, einer ammoniakalischen Kupfersalzlösung. Diese

von reiner Cellulose gebildete Zellmembran stellt eine wasserhelle, klare, in Wasser unlösliche Haut dar, welche osmotische Eigenschaften besitzt und durch nachträgliche Einlagerung fremdartiger Stoffe gewisse chemische Veränderungen erleiden kann; entzieht man durch geeignete Lösungsmittel diese Einlagerungsstoffe, so bleibt wieder reine Cellulose zurück.

Solche **chemische Veränderungen der Zellwand** sind zum Beispiel.

1. **Cuticularisirung,** welche sich an der Oberfläche der Pflanzen vollzieht, um dadurch für Wasser weniger durchlässig zu werden. Die Epidermis schliesst die zarten Pflanzenteile nach aussen hin ab und wird meist aus einer einfachen Schicht eng aneinander liegender, chlorophyllfreier Zellen gebildet, welche an ihrer Aussenseite durch Korkeinlagerung verdickt ist; diese äusserste Schicht der Epidermis heisst **cuticula** und hat den Zweck, den Durchtritt des Wassers aus den darunterliegenden Zellen zu verhindern. Wir finden die cuticula besonders stark entwickelt bei Gewächsen, welche an sandigen, trockenen Orten stehen, sog. **Blatt-** oder **Stammsucculenten**, z. B. den Cactaceen. Häufig wird die Fähigkeit der cuticula, für Wasser undurchdringlich zu sein, noch durch eine wachs- oder fettartige Ablagerung erhöht, welche dann den betreffenden Pflanzenteilen ein bereiftes Aussehen verleiht, so z. B. sind unsere Pflaumen mit einem wachsartigen Reif versehen, welcher die Benetzung der Früchte durch Regen verhindert. Wir können durch Behandlung mit Schwefelsäure die Cellulose in Lösung bringen und erhalten dann die cuticula unversehrt als ein zartes Häutchen. Behandeln wir die Epidermis mit Chlorzinkjod, so erhalten wir ein Präparat, in welchem die cuticula bräunlich, die darunter liegende Cellulose aber blau gefärbt ist.
2. **Verkorkung.** Der Kork, ein elastisches Gewebe, vertritt die cuticula bei älteren Pflanzen, kann aber

Veränderung der Zellwand:

I.) Chemische Veränderung der Zellwand

a) Cuticularisirung

b). Verkorkung

c.) Verholzung.

d). Verkieselung

e). Verkalkung

II.) Veränderung d. Zellwand ohne Einlagerung fremder Stoffe:

a) Verschleimung

b). Resorcellulose

c). Pilzcellulose.

auch im Innern des Pflanzenkörpers vorkommen. Die Verkorkung wird ebenfalls durch Einlagerung einer fettigen Substanz, des **Suberins**, zwischen die Cellulosewandung hervorgerufen. In dieser Korksubstanz hat man Glycerin gefunden. Das Korkgewebe ist für Wasser schwer durchlässig und äusserst widerstandsfähig gegen chemische Agentien; es ist in concentrirter Schwefelsäure unlöslich, färbt sich mit concentrirter Kalilauge, sowie mit Chlorzinkjod gelb. Durch längeres Kochen mit Kalilauge können wir das Suberin aus der Cellulose entfernen und wir erhalten nach sorgfältigem Auswaschen reine Cellulose.

3. **Verholzung** geschieht durch Einlagerung von Holzstoff, **Lignin**, zwischen die Cellulosewandung und bezweckt, dass diese im Inneren der Pflanze gebildeten Holzteile Wasser aufnehmen können, ohne stark aufzuquellen. Es ist das Holzgewebe also im Gegenteil zu dem Korkgewebe für Wasser durchlässig. Wir besitzen in einer salzsäurehaltigen Phloroglucinlösung ein ganz ausgezeichnetes Reagens für verholzte Membran, indem diese dadurch schön rot gefärbt wird. Durch Kochen mit Salpetersäure oder Kalilauge kann man die Holzstoff-Einlagerung entfernen, ebenso durch mehrmaliges Ausziehen mit schwefliger Säure; es bleibt auch hier wieder Cellulose zurück, welche durch Chlorzinkjod blau gefärbt wird.

4. **Verkieselung** können wir hier auch anführen. Es wird hierbei Kieselsäure in die Zellmembran eingelagert, was den betreffenden Pflanzen eine grössere Festigkeit verleiht, so z. B. bei den Equisetinen, Gramineen und besonders bei den Diatomeen; nach Zerstörung der organischen Substanz bleibt ein Kieselsäureskelett zurück, welches in Form und Gestalt der ursprünglichen Pflanze völlig gleicht.

5. **Verkalkung** findet durch Ein- und Ablagerung von kohlensaurem Kalk statt, z. B. bei einigen Haargebilden und den Cystolithen.

Veränderungen der Zellwand können aber auch ohne Einlagerung fremdartiger Substanzen entstehen, so z. B.:

1. **Verschleimung,** durch diese kann die Zellmembran gewisser Samen oder anderer Pflanzenteile vollständig in Pflanzenschleim übergeführt werden; letzterer gleicht nur in trockenem Zustande der Cellulose, während er bei Gegenwart von Wasser stark aufquillt und dadurch den Zellen schnell die genügende Feuchtigkeit zuführen kann.
2. **Reservecellulose** finden wir häufig in dem Endosperm mancher Samen, sowie in einigen Cotyledonen; die Wände solcher Zellen sind stark verdickt, indem an ihnen grössere Mengen von Reservestoffen, sog. Reservecellulose, abgelagert sind, welche beim späteren Wachstum des Keimpflänzchens wieder in Lösung gebracht werden und so als erstes Ernährungsmittel Verwendung finden.
3. **Pilzcellulose** ist bedeutend dichter und auch viel widerstandsfähiger gegen chemische Agentien, als gewöhnliche Cellulose; so z. B. wird Pilzcellulose, aus welcher, wie schon der Name sagt, die Zellwand der Pilze besteht, von Säuren nicht angegriffen. Die bekannte Cellulosereaktion mit Schwefelsäure und Jod, wodurch Blaufärbung eintritt, erhalten wir erst, wenn wir die Pilzcellulose lange Zeit hindurch mit concentrirter, öfters zu erneuernden Kalilauge digeriren.

I. **Zellinhaltsstoffe.** Im jugendlichen Zustand der Zelle erfüllt als wesentlichster Bestandteil das **Protoplasma** oder **Plasma,** den Zellkern einschliessend den ganzen Inhalt einer Zelle. Das Plasma ist die allgemeine Grundsubstanz aller organischen Gebilde und besteht aus einem Gemenge von Albuminaten und in mehr oder weniger Wasser gelösten Salzen; und zwar sind die Albuminate oder Eiweissstoffe vorwiegend vorhanden, mithin ist also das Plasma ein stickstoffhaltiger Bestandteil der Zelle. Das noch nackte Plasma umgibt sich allmählich mit einem dünnen Häutchen, der Zellmembran; doch vergrössert sich das Plasma

Zellen, die sich durch ihre Schale, ihren Inhalt, oder ihre Entwickelung von ihren Nachbarn unterscheiden heißen Idioblasten, sind sie stark verholzt u. verdickt so heißen sie Steinzellen oder Sclereiden.

Protoplasma enthält: Asparagin, Diastase, Pepsin, Invertin, manchmal auch Fette, außerdem Eiweißstoffe.

Protoplasma ist eine schleimflüssige Masse.

Die Grundsubstanz in den beweglichen Zellen ist hyalin u. wird als Hyaloplasma bezeichnet, sind darin Körnchen vorhanden, so heißt sie Körnerplasma.

Filar oder Kinoplasma = Fadenplasma

Alveolarplasma ist Waben-plasma u. an der Bewegung beteiligt.

Mit Alcohol u. Formaldehyd kann Protoplasma fixiert (erhärtet) werden.

Protoplasma reagiert alkalisch, mitunter auch neutral. Mit Jod u. Jodkaliumlösung entsteht Gelbfärbung.

<u>Enzyme</u>: eiweißartige Verbindungen, die im Protoplasma enthalten sind.

<u>Plasmolyse</u>: Ablösung des Protoplasmas von der Wand (mit KNO_3 nachfolgend).

<u>Cytoplasma</u> (Zellplasma): ist die den Raum zwischen Zellkern und Zellmembran ausfüllende Substanz. Abbild. 57. Kostlinger

Zellkern, Cytoplasma u. Chromatophoren sind die Elemente des lebendigen Körpers einer typischen pflanzlichen Zelle. Man faßt diese Elemente mit dem Begriff des Protoplasma oder Plasma zusammen, das somit alle lebenden Bestandteile der Zellkörper oder Protoplasten in sich schließt.

In einzelnen Fällen haben neue Untersuchungen außer den oben genannten Bestandteilen noch die Existenz kleiner Gebilde nachgewiesen, die man als Centriolen, Centralkörner, Centrosomen u. Attraktionssphären bezeichnet. Abbild. 57. Kostlinger.

nicht sofort mit der Zellmembran, es scheiden sich vielmehr nachträglich aus ihm wässerige Tröpfchen von Zellsaft, sog. **Vakuolen**, aus, durch deren Wachstum und Vergrösserung das Plasma zurückgedrängt wird und schliesslich nur noch eine dünne Schicht an der Wand bildet. Dieses wandständige Protoplasma ist durch dünne Plasmafäden mit dem Zellkern anfänglich verbunden; schliesslich zerreissen aber diese Fäden, wodurch der Zellkern frei wird und an die Zellwand heranrückt.

Das Plasma besitzt zuerst eine schleimige, später zähe Konsistenz. Unter dem Mikroskop können wir bei starker Vergrösserung im Protoplasma deutlich zwei Schichten unterscheiden und zwar das sog. **Körnchenplasma**, welches aus kleinen Körnchen besteht und im Innern der Zelle gelegen ist, und das sog. **Wandplasma**, eine klare, körnchenfreie Substanz, welches das Protoplasma sowohl gegen die Zellwand als auch gegen die Vakuolen abgrenzt. Daraus ersehen wir, dass das lebende Plasma, der Träger der Lebensthätigkeit und zugleich die Bildungsstätte aller Zellen, Organe und Gewebe des Pflanzenkörpers, eine in steter Umwandlung begriffene organisirte Substanz von hoher physiologischer Bedeutung ist. Es besitzt die Eigenschaft der Contractilität, d. h. die Fähigkeit sich auszudehnen und zusammenzuziehen, und ist überhaupt ständig in Bewegung begriffen, was man an den Körnchen mikroskopisch beobachten kann; wir nennen die Bewegungen des Plasmas **Protoplasmaströmung** und bezeichnen als:

Rotationsbewegung eine kreisende Strömung, wobei das Wandplasma nur nach einer Richtung hin die Vakuolen der Zelle umströmt;

Circulationsbewegung, wenn das Plasma sich nach verschiedenen Richtungen hin bewegt, und so ein Austausch des Wandplasmas mit dem Körnerplasma stattfindet;

Springbrunnenbewegung, wenn das Plasma gleichsam wie der Strahl eines Springbrunnen in der Mitte der Zelle aufsteigt;

Glitschbewegung, wobei nur eine einfache Vor- und Rückwärtsbewegung des Wandplasmas erfolgt;

Amöbenbewegung, welche wir bei dem Plasmodium der Schleimspilze finden, indem diese nackte Plasmamasse die Fähigkeit hat, seine Form zu verändern und sich kriechend hin- und herzubewegen;

Cilienbewegung, welche wir bei den Spermatozoiden und den Schwärmsporen finden.

Das Plasma kann auch durch Erschütterungen oder äussere Reize in Bewegung gesetzt werden.

Das Plasma besitzt ferner die Fähigkeit, Stoffe, welche nicht mehr zum Leben des Plasmas verwendet werden können, sog. Sekrete, auszuscheiden. Die reproductive Thätigkeit des Plasmas besteht in der freiwilligen oder durch fremden Einfluss hervorgerufenen Teilung in neue, wiederum lebensfähige Individuen.

Abgestorbenes Protoplasma besitzt die Eigenschaften der Farbstoffspeicherung.

II. **Zellkern** ist ein Bestandteil des Protoplasmas und findet sich stets in diesem eingebettet; er ist durch eine scharf umgrenzte Haut, die **Kernmembran** von dem umliegenden Plasma geschieden und enthält in seinem Inneren die **Kernkörperchen,** sog. **Nucleolen**; er besteht hauptsächlich aus Wasser und eiweissartigen Verbindungen, welche jedoch von anderer Zusammensetzung sind, als die des Plasmas, so z. B. ist das in dem Kerngerüst enthaltene Nuclein ausgezeichnet durch seinen Phosphorgehalt. Der Zellkern findet sich meist in der Einzahl in den Zellen aller höher organisirten Pflanzen, während er bei einigen Gewächsen, z. B. den niedrigst entwickelten Algen, den Schizophyceen, noch nicht nachgewiesen werden konnte. Der Zellkern vermehrt sich durch Teilung; dadurch entstehen aus einer Mutterzelle mehrere Tochterzellen. Sämtliche Zellkerne eines Pflanzenkörpers sind aus dem einen in der Eizelle enthaltenen Kern durch Teilung hervorgegangen, da das Plasma nicht die Fähigkeit besitzt, neue Zellkerne zu bilden. Die Teilungsfähigkeit der Zellkerne

Teilung des Zellkerns: Abbild. s. Straßburger S. 69.

1) Indirecte oder mitotische Teilung, auch Karyokinese.
2) directe oder amitotische " " Fragmentation.

1) Indirecte Kernteilung s. ausführlich Straßburger S. 69. u. f.

2) Directe Kernteilung, die sich bes. den Charazeen findet beruht im Wesentlichen auf einem Durchschnürungsvorgang, wobei die Teilungsstücke in ihrer Größe durchaus nicht übereinzustimmen brauchen. Bei den Charazeen folgen die Teilungsschritte so rasch aufeinander, daß oft perlschnurförmige Reihen zusammengesetzter Stücke entstehen. In alten Internodialzellen von Tradescantia zeigen die besonders häufigen nur halbdurchschnürten Kerne die unregelmäßigsten Gestalten.

Centralkörper, Centriolen, sind seitlich anliegende Körner am Zellkern.

Über Zellfusionen s. Straßburger S. 77.

Durch die Zellwände hindurch hängen die pflanzlichen Protoplasten mit Hülfe feiner Cytoplasmafäden, die von der Hautschicht ausgehen, u. als Plasmodesmen bezeichnet werden, zusammen. XXXX

Idioblasten sind Zellen, die nach außen hervortreten. S. 58a.

Zellkern: die Wand besteht aus Hyoplasma, das Gerüst aus Fäden (Algiolen) mit Kernflüssigkeit. Die Substanz des Fadens hat man als Linin, diejenige der Körnchen als Chromatin bezeichnet. Zwischen den Windungen des Lininfadens liegen in ein- oder Mehrzahl die größeren sich auch intensiv doch meist anders färbenden (als die Chromatinkörnchen) Kernkörperchen oder Nucleolen. Umgeben ist der Zellkern von der Kernwandung. In jungen protoplasmareichen Zellen ist der Zellkern rund, in dem cytoplasmatischen Wandteleg älterer Zellen oft scheibenförmig, in gestreckten Zellen oft langgestreckt.

Bei niederen Algen haben die Chlorophyllkörner eine bandförmige, sternförmige oder plattenförmige Gestalt.

Die Grundsubstanz der Chlorophyllkörner ist farblos, führt aber zahlreiche gefärbte Tröpfchen, die man als Grana bezeichnet. Diese bestehen aus einer ölartigen Substanz, die gelbe u. grüne Farbstoffe in Lösung hält. Mit Alcohol lassen sich die Farbstoffe extrahieren, der Chlorophyllkörper bleibt farblos zurück. Außerdem sind die Farbstoffe in Aether, fetten u. äther. Ölen, Paraffin, Petroleum, CS_2. löslich. Die gelben Farbstoffe nennt man Xantophyll. Unter diesen ist nur das Chrysophyll das glänzend rote (~~Farbstoffe mehr~~ Krystalle) darstellt mit Sicherheit erkannt worden.

Das übrige Xantophyll bildet amorphe Massen. Durch Säuren wird Chlorophyll zersetzt. Schon der Zutritt des sauren Zellsaftes genügt, um Chlorophyll braungrün zu färben. (daher das Braunwerden der getrockneten Pfl.)

Phycocyan: blauer Farbstoff bs. verschiedenen Algen.

Phycophaein: brauner " " " Meeresalgen.

Phycoerytrin: roten " " roten " .

Rote Algen nehmen an der Luft eine grüne Farbe an, da sich das Phycoerytrin zersetzt.

soll durch die sog. **Centrosomen** bewirkt werden, welche zu zweien nebeneinander dicht an dem Kern liegen und bei der Kernteilung in eine einander gegenüberliegende Stellung wandern.

III. **Chromatophoren** sind kleine, rundliche Gebilde in der Zelle, welche in dem Plasma eingebettet sind und aus einer dem Plasma ähnlichen Substanz bestehen. Auch sie sind bereits in der Zelle von Jugend auf enthalten und können niemals nachträglich gebildet werden, sondern vermehren sich durch Teilung. Auf ihrer Oberfläche werden häufig bestimmte Farbstoffe abgelagert; hiernach teilen wir die Chromatophoren, welchen die Stärkebildung obliegt, ein in grüne Farbstoffträger oder Chloroplasten, in Chromoplasten, welche einen anderen Farbstoff, als grün ablagern, und in Leucoplasten, welche farblos sind.

a) **Chloroplasten** oder **Chlorophyllkörper** sind meistens von kugel- oder scheibenförmiger Gestalt und enthalten den als **Chlorophyll** oder **Blattgrün** bezeichneten grünen Farbstoff, welcher die grüne Farbe der Pflanzen, besonders der Blätter bedingt. Wird das Chlorophyll den Chlorophyllkörpern, z. B. durch Behandeln mit Alkohol, entzogen, so bleiben diese farblos zurück und zeigen deutliche Eiweissreaktion; die alkoholische Chlorophylllösung erscheint im durchfallenden Licht schön grün, im auffallenden Licht dagegen rötlich; man nennt diese physikalische Eigenschaft der Lösung Fluoreszenz. In jugendlichen Pflanzenteilen, z. B. den Cotyledonen, ist das Chlorophyll noch nicht vorhanden, sondern wird erst unter dem Einfluss des Lichtes nach einiger Zeit gebildet. Den Chlorophyllkörpern liegt der äusserst wichtige Assimilationsprocess ob, d. h. sie besorgen die Umwandlung der aufgenommenen Kohlensäure aus der Atmosphäre in komplicirte organische Verbindungen; als erstes Assimilationsproduct tritt die Stärke auf. Nach der v. Baeyerschen Assimilationstheorie findet zuerst eine Bildung von Formaldehyd, $H-C\begin{matrix}=O\\-H\end{matrix}$ oder CH_2O,

$CO_2 + H_2O = H \cdot COH + 2O$

$6CO_2 + 6H_2O = C_6H_{12}O_6 + 6O$

$5CO_2 + 5H_2O = C_6H_{10}O_5 + 6O$

statt, welches dann durch Kondensation in Stärke übergeführt wird; jedoch spricht gegen diese Theorie der Umstand, dass bei Gegenwart von Formaldehyd jedes weitere Leben der Pflanze aufhören muss, da gerade Formaldehyd ein ganz ausgezeichnetes Conservirungsmittel für Pflanzen ist.

Bei der Assimilation wird die in der Atmosphäre enthaltene Kohlensäure von den mit feuchter Membran umgebenen Intercellularräumen resorbirt, wobei der Kohlenstoff zum Aufbau der organischen Stoffe verwendet wird, während Sauerstoff wieder an die Luft gelangt. Unbedingt notwendig für den Verlauf der Assimilation ist das Vorhandensein von:

1. **Licht**, da in dunklen Räumen das Chlorophyll eine Zersetzung erfährt. Solche durch Abschluss von Licht farblos gewordene Pflanzen heissen **etiolirt**: in ihren Zellen finden wir zwar noch Chromatophoren, es fehlt diesen aber die Fähigkeit der Farbstoffspeicherung. Lassen wir auf etiolirte Pflanzen das Licht einige Zeit einwirken, so findet wieder Chlorophyllbildung statt und die Pflanzen ergrünen wieder. Entzieht man einer grünen Pflanze plötzlich das Licht, indem wir sie in einen dunklen Raum stellen, so hört auch sofort die Abgabe von Sauerstoff auf.
2. **Wärme**; diese ist bei den einzelnen Pflanzen in schwankenden Temperaturen nötig. Nimmt die Temperatur zu, so steigert sich die Assimilationsfähigkeit bis zu einem, bei den einzelnen Pflanzen verschiedenen Grade, nach dessen Überschreitung eine allmähliche Abnahme der Assimilation wieder zu beobachten ist. Man drückt diese Temperaturverhältnisse in einer Kurve aus und unterscheidet demnach ein Minimum, Optimum und Maximum für den Assimilationsprocess. Im allgemeinen liegt das Optimum zwischen + 25 bis + 30°, meist ungefähr bei + 28° Temperatur.

3 Grenzpunkte.

Unter Umständen, so bei hohem Zuckergehalt färbt sich die Flüssigkeit in den Zellräumen rot u. veranlaßt die herbstliche Laubfärbung. Bei den im Winter sich bräunenden Nadelhölzern wird das in den Chloroplasten enthaltene Chlorophyllgrün in einen braungrünen Körper verwandelt, aus dem sich im nächsten Frühjahr das Chlorophyllgrün wieder regeneriert.

Den Pilzen gehen die Chromatophoren ganz ab.

Die bei der Chlorophyllbildung entstandene Stärke wird durch Diastase in Zucker übergeführt.

Nur die durch Chlorophyll grün gefärbten Organe sind befähigt zu assimilieren.

Umbildung der gebotenen Nährstoffe in Körpersubstanz (Assimilat. im weiteren Sinne).

Photosynthese: ist die Eigenschaft, daß die Chlorophyllkörper nur mit Hilfe von Lichtschwingungen aus CO_2 u. H_2O organ. Substanz bereiten können.

Die roten, orangen u. gelben Lichtstrahlen sind bei der Assimilation am meisten beteiligt.

Gewisse nitrificierende Bakterien in Berührung mit Carbonaten, CO_2 u. NH_3 vermögen ebenfalls organ. Substanz zu bilden, doch ist diese Bildungsart von der in grünen Pfl. gänzlich verschieden.

Bei der Assimilation findet nebenher aus den Kohlehydraten auch die Bildung von Eiweiß statt, u. zwar nimmt man an, daß sich zuerst Asparagin $C_4H_8N_2O_2$ bildet.

Über 45°-55° werden alle Lebenserscheinungen der Pfl. eingestellt, sie sterben ab. (Ausnahme die tropischen Pfl., hängt von der Lage der Kardinalpunkte ab).

Bacillus subtilis kann 100° Wärme vertragen; auch manche wasserarme Sonnen.

Gefrieren: der Zellsaft krystallisiert als Eis aus u. tritt in die Intercellularen. (Man darf die Pfl. nicht in Räume mit hoher Temperatur bringen)

Vertrocknen: Es kann kein Wasser durch die Wurzeln zugeführt werden.

Einwirkung des Lichtes auf Pfl.: Leuchtende Pfl. reflektieren dasselbe, Bakterien werden getötet.

" " Windes " " .

" der Schwerkraft " " .

3. **Eisen im Boden,** da nur bei Gegenwart von Eisen sich der grüne Chlorophyllfarbstoff zu bilden vermag und bei Nichtvorhandensein von Eisen eine gelbliche Bleichung der grünen Pflanzenteile, sog. **Chlorose,** eintritt. Wir können dieses leicht durch folgendes Experiment ausführen. Lassen wir einen Samen in einer Nährlösung, welche keine Eisenverbindungen enthält, keimen, so sind nur die ersten Blattorgane grün gefärbt, während die nächsten schon gelblich bis bleich erscheinen; es kommt dies daher, dass nur das von der Mutterpflanze her im Samen enthaltene Eisen genügt, um die zuerst sich entwickelten Blätter grün zu färben, während nach dessen Verbrauch keine Chlorophyllbildung mehr stattfinden kann.

Bei schwacher Beleuchtung besitzen die Chlorophyllkörper die Fähigkeit, dem Licht entgegen zu wandern, während sie bei zu greller Einwirkung des Sonnenlichtes auf die Blätter an die der Sonne entgegengesetzte Seite treten, um erst mit Eintritt der Dämmerung auf ihre frühere Stelle zurückzuwandern und so die Wirkung der letzten, schwächeren Sonnenstrahlen zu geniessen; daher finden wir bei Pflanzen, welche stark der Sonne ausgesetzt sind, oft ganz helle Blätter. Das lebende Protoplasma kann nur bei Gegenwart von Chlorophyll die Lebensthätigkeit des Pflanzenkörpers unterhalten. Die Pilze, welche kein Chlorophyll enthalten und daher auch nicht assimilationsfähig sind, leben deshalb teils parasitisch, teils saprophytisch, d. h. sie sind gezwungen, fertig gebildete organische Stoffe teils von Wirtspflanzen, teils von in Zerfall begriffenen Körpern als Nahrung zu entnehmen. Der Chlorophyllfarbstoff kann auch durch das Vorhandensein anderer im Zellsaft gelöster Farbstoffe verdeckt sein, so z. B. erscheinen verschiedene Algen, wie wir in der Systematik sehen werden, durch gewisse Farbstoffe braun, rot oder blaugrün gefärbt,

trotzdem stets Chlorophyll vorhanden ist. Am Ende der Vegetationsperiode erleidet das Chlorophyll eine Umsetzung in sog. Xanthophyll, worauf die gelbe bis rötliche Färbung der Blätter unserer Laubbäume im Herbst beruht.

b) **Chromoplasten** sind ebenfalls kugel- oder scheibenförmige Plasmakörnchen, auf welchen sich aber andere Farbstoffe, als grüne, ablagern; so z. B. beruhen allerdings nur teilweise die verschiedenen Färbungen der Früchte und Blüten auf dem Vorhandensein von Chromoplasten, bei welchen meist die gelbe bis rote Farbe vorherrscht. Sie bilden sich durch Umwandlung der Chloroplasten oder Leucoplasten und ist ihre Bedeutung noch nicht näher erforscht.

c) **Leucoplasten** sind ebenfalls Plasmakörnchen von verschiedener Gestalt, aber ohne Färbung. Sie finden sich sowohl in jugendlichen, als auch in älteren Pflanzenteilen und dienen als Speicherungsorgane der überschüssigen Assimilationsstärke in den unterirdischen Pflanzenteilen, z. B. in der Rhizoma Iridis. Die von den Leucoplasten gebildete Stärke wird als Reservestärke bezeichnet, da sie erst zum späteren Aufbau des Pflanzenkörpers Verwendung findet. Die Bildung der Reservestärke beruht darauf, dass die in löslichen Zucker übergeführte Assimilationsstärke in die unterirdischen Pflanzenteile gelangt und hier durch die Leucoplasten in Reservestärke verwandelt wird.

IV. **Stärke** ist der für das Wachstum wichtigste stickstofffreie Nährstoff des Pflanzenkörpers und wird von den Chlorophyllkörpern in Form kleiner, unsymmetrischer Körnchen bei dem Assimilationsprocess gebildet. Das stärkste Wachstum der Pflanzen findet an den Spitzen statt, wo sich deshalb auch die Stärke ansammelt. In der wärmeren Jahreszeit bildet sich jedoch durch den erhöhten Assimilationsprocess ein Überschuss von Stärke, welcher durch ein noch

de
ne
ois
im

i-
ch
B.
en
or-
die
ch
co-
ner

on
Sie
en
r-
en
der
oil-
et,
ers
ke
ge-
en-
in

k-
den
er
Das
att,
ren
ns-
och

primäre Stärke : Assimilationsstärke
sekundäre " : Reservestärke ~~in~~ Leucoplasten.

Enzyme

nicht erforschtes Ferment in lösliche Form übergeführt wird. Es bildet sich hierbei wahrscheinlich durch Kondensation Zucker, welcher weiter transportirt wird und schliesslich in den Leucoplasten unterirdischer Pflanzenteile eine weitere Umwandlung in sog. Reservestärke erfährt; wir unterscheiden demnach eine primäre und eine sekundäre Stärkebildung; das Product der ersteren ist die von den Chlorophyllkörnern in Form kleinster Körnchen gebildete **Assimilationsstärke**, das Product der letzteren die in den Leucoplasten abgeschiedene **Reservestärke.** In den Leucoplasten können die Stärkekörner ziemlich gross werden, indem fortwährend schichtenweise neue Stärkeablagerung auf die ursprünglichen Stärkekörner, welche meist in der Einzahl in jedem Stärkebildner vorhanden sind, stattfindet; dadurch erhalten wir auch verschiedene Formen der Stärkekörner und zwar können wir je nach der Lage der Schichten zu dem Kern concentrisch und excentrisch geschichtete Stärkekörner unterscheiden. Als Kern bezeichnen wir den meist durchsichtigen Punkt, von welchem aus die Schichtungen beginnen. Meistens sind die Stärkekörner von eiförmiger Gestalt und liegt bei der concentrisch geschichteten Kartoffelstärke der Schichtungspunkt an dem spitzen Ende, während sich derselbe bei dem bekannten Arrow-root an dem breiteren Ende befindet. Die Weizenstärkekörner sind flache, rundliche Scheiben, welche keine Schichtung erkennen lassen und meist ungleich gross sind; auch können mehrere Stärkekörner zugleich in einem Stärkebildner angelegt werden, wir nennen diese dann zusammengesetzte Stärkekörner, deren Teilkörnchen durch den gegenseitigen Druck eine eckige Form besitzen.

In chemischer Beziehung ist die Stärke ein der Cellulose sehr ähnliches Kohlehydrat von der Formel $(C_6H_{10}O_5)x$, ist also der Cellulose polymer. Beim Kochen mit Wasser quillt die Stärke auf und die einzelnen Körner zerplatzen in winzig kleine Körnchen, welche in dem Wasser sich suspendirt befinden und so den bekannten Kleister bilden. Noch in der stärksten Verdünnung wird Stärkekleister durch

Spuren von Jod intensiv blau gefärbt, jedoch aber nur in der Kälte, beim Erhitzen verschwindet die charakteristische Blaufärbung und erscheint erst wieder beim Erkalten.

V. **Vakuolen** sind in jugendlichen Zellen nicht vorhanden, sondern werden erst nachträglich durch Ausscheidung einer wässerigen Flüssigkeit, des Zellsaftes, von dem Protoplasma gebildet. Später vergrössern sich diese Hohlräume und drängen das Plasma an die Zellwand, so dass sie oft das ganze Zellinnere einnehmen. Der Zellsaft ist eine wässerige Lösung von anorganischen und organischen Stoffen und enthält teils bei dem Pflanzenaufbau nicht mehr zur Verwendung kommende Ausscheidungen, teils Reservestoffe; auch finden wir in ihm die Farbstoffe, welche teilweise die auffallende Blüten- oder Fruchtfärbung hervorrufen, sowie Pflanzensäuren z. B. Citronensäure oder auch Oxalsäure. Von den keine Verwendung mehr habenden Stoffen finden wir besonders Tannin, welches infolge seines adstringirenden Geschmackes solche Pflanzen vor dem Gefressenwerden von Tieren schützt. Von den Reservestoffen bildet der aus der Stärke hervorgegangene Zucker den wesentlichsten Teil, ausserdem sind vorhanden:

a) **Inulin**, welches ebenfalls ein stärkeähnlicher Inhalt der Zellen vieler Compositen ist und sich in den lebenden Pflanzenteilen in gelöster Form befindet, weshalb es bei dem Transport nicht erst in Zucker übergeführt zu werden braucht. In abgestorbenen Pflanzenteilen scheidet sich das Inulin krystallinisch ab, z. B. in den Knollen der Georgine. Inulin besitzt dieselbe Formel, wie Stärke, wird aber durch Jod nicht gefärbt. Beim Behandeln von Inulin mit Alkohol erhalten wir die sog. **Sphärokrystalle.**

b) **Aleuronkörner**, sie bilden samt ihren Umsetzungsprodukten die stickstoffhaltigen Inhaltsstoffe der Zelle. Sie entstehen aus den Vakuolen durch Wasserentziehung und sind in chemischer Beziehung Eiweissstoffe mit Spuren von Wasser durchdrungen nebst phosphorsauren Salzen des Calciums und Magnesiums.

Zellsaft ist die Flüssigkeit, die den inneren Saftraum ausgewachsener Pflanzenzellen ausfüllt.

Zellsaft reagiert sauer.

In allen grün gefärbten Zellen ist Cholesterin enthalten.

Calciumsulfat: ist in niederen Algen enthalten.

Calciumcarbonat ist selten als Inhaltsstoff der Zellen vorhanden, meistens als Incrustation.

$\overset{\circ}{C}H(NH_2)-COOH$ $\overset{\circ}{C}H(NH_2)-COOH$

$\overset{|}{C}H_2 - COOH$ $\overset{|}{C}H_2 - CO(NH_2)$

Amidobernsteinsäure Amidobernsteinsäureamid (Asparagin)

Krystalloide = krystallinisch, aus Eiweißstoffen bestehend.

Globoide = amorph, aus organischer Substanz u. Calcium- resp. Magnesiumphosphat bestehend.

Sie finden sich in manchen reifenden Samen als kleine Kügelchen, doch können sie auch, wie z. B. in dem Ricinussamen, grössere Teile des Endosperms einnehmen. In letzterem Fall können wir unter dem Mikroskop deutlich die Struktur der Aleuronkörner sehen; sie bestehen aus einer Grundmasse und den Einschlüssen, letztere sind **Krystalloide** von krystallinischem Gefüge und aus Eiweissstoffen zusammengesetzt, neben **Globoiden** von amorpher Beschaffenheit, aus organischer Substanz und phosphorsaurem Kalk resp. Magnesium bestehend. Doch brauchen in einem Aleuronkorn nicht alle diese Stoffe nebeneinander vorhanden zu sein. Enthalten die Samen Stärke, so scheiden sich die Aleuronkörner als eine pulverige, amorphe Masse, sog. **Aleuronmasse,** ab. Als lösliche Umsetzungsproducte der Aleuronkörner ist von besonderer Wichtigkeit das **Asparagin,** welches sich in allen wachsenden Pflanzenteilen vorfindet und auch leicht nachweisbar ist, z. B. im Spargel. In chemischer Beziehung ist das Asparagin das Monamid der Amidobernsteinsäure. Neben dem Asparagin, aus welchem sich das Protoplasma bildet, müssen wir als Umsetzungsproducte der Aleuronkörner auch noch Leucin und Tyrosin erwähnen; näher auf die chemische Zusammensetzung dieser Körper einzugehen, gehört jedoch nicht hierher, und wollen wir uns damit begnügen, dass auch die beiden letzteren Stoffe sog. Amide sind.

VI. **Krystalle.** Aus der in manchen Zellen vorhandenen Oxalsäure bilden sich unter Zusammentritt mit den löslichen Kalkverbindungen Krystalle von oxalsaurem Kalk, welche in verschiedenen Formen in bestimmten oder beliebigen Zellen abgeschieden werden. Solche Calciumoxalatkrystalle finden wir z. B. in dem Rhabarber und der Seifenrinde, Cortex Quillayae; letztere reizt durch das Vorhandensein unzähliger kleinster Krystalle beim Verstäuben äusserst heftig zum Niesen, indem sich die Nadelchen in die Schleim-

häute einbohren und so das Niesen verursachen. Der oxalsaure Kalk findet sich in den Zellen als:

a) **Einzelkrystalle** von besonders schöner, meist stabförmiger Gestalt, z. B. in den Agavenblättern.

b) **Drusen** von sternförmiger Gestalt finden sich in vielen Rhizomen.

c) **Raphiden** aus zu Bündeln vereinigten, langen Nadeln bestehend; sie finden sich in Schleim eingebettet in besonderen Zellen und sind sehr verbreitet, z. B. in der Meerzwiebel.

d) **Krystallsand** findet sich ebenfalls in besonderen Zellen, sog. Sandzellen, welche mit kleinsten Körnchen von Calciumoxalat angefüllt sind, z. B. in den Blättern der Tollkirsche, Atropa Belladonna, in der Chinarinde, Cort. Chinae etc.

VII. **Fettes Öl** gehört in die gleiche Gruppe wie Stärke und Inulin; es kann als Inhaltsstoff in Form kleiner Tröpfchen auftreten, findet sich aber meistens, wie das Tannin, in besonderen Zellen, sog. **Ölzellen.** Bei der Keimung der Pflanzen bildet sich aus dem fetten Öl Traubenzucker. Stärke, Inulin und fettes Öl sind die drei stickstofffreien Nährstoffe des Pflanzenkörpers; in manchen Samen, z. B. dem Herbstzeitlosensamen, Semen Colchici, den Kaffeebohnen, finden wir aber keinen dieser drei Stoffe abgelagert, sondern nur in Form von verdickter Cellulosemembran vorhanden; letztere wird bei der Keimung in Zucker übergeführt.

Zellbildung. Wir können eigentlich nur von einer Zellvermehrung sprechen, da die Entstehung neuer Zellen das Vorhandensein von Zellen voraussetzt; mithin können wir sagen, eine Zelle bildet sich nur innerhalb einer Mutterzelle. Als **Mutterzelle** bezeichnen wir diejenige Zelle, in welcher die Zellbildung vor sich geht, als **Tochterzellen** die aus der Mutterzelle neu hervorgegangenen Zellen. Wie wir bereits vorher gesehen haben ist der Zellkern der Ausgangspunkt der Zellbildung und ist daher eine Zelle nicht

Stärke
Inulin } = Kohlehydrate
fettes Öl

[illegible] ausbohren und so das Niesen verursachen. Der [illegible] Kalk finden sich in den Zellen als:

a) **Einzelkrystalle** von besonders schöner, meist stabförmiger Gestalt, z. B. in den Agrumenblättern.

b) **Drusen** von sternförmiger Gestalt finden sich in vielen Rhizomen.

c) **Raphiden** aus zu Bündeln vereinigten langen Nadeln bestehend; sie finden sich in Schleim eingebettet in besonderen Zellen und sind sehr verbreitet, z. B. in der Meerzwiebel.

d) **Krystallsand** findet sich ebenfalls in besonderen Zellen, sog. Sandzellen, welche mit kleinsten Krystallen von Calciumoxalat angefüllt sind, z. B. in der Blattstiele der Tollkirsche, Atropa Belladonna, in der Calamitäde, Gott, Chinae etc.

VI. Ferner [illegible] gehört in die gleiche Gruppe wie Stärke und Inulin; es kann als Inhaltsstoff in Form kleiner Tröpfchen auftreten, findet sich aber [illegible], wie das Tannin, in besonderen Zellen, sog. Ölzellen. Bei der Keimung der Pflanzen bildet sich aus dem fetten Öl Tannenzucker, Stärke, Inulin und [illegible] stickstofffreien Nährstoffe des Pflanzenkörpers in manchen Samen, z. B. dem Bärlapp, [illegible], Samen Colchici, den Kaffeebohnen, finden wir aber keinen dieser drei Stoffe abgelagert, sondern nur in Form von verdickter Cellulosepartien vorhanden; letztere wird bei der Keimung in Zucker übergeführt.

Zellbildung. Wir können eigentlich nur von einer Zellvermehrung sprechen, da die Entstehung neuer Zellen das Vorhandensein von Zellen verlangt, mithin können wir sagen, eine Zelle bildet sich nur innerhalb einer Mutterzelle. Als Mutterzelle bezeichnen wir diejenige Zelle, in welcher die Zellbildung vor sich geht, als Tochterzellen die aus der Mutterzelle neu hervorgegangenen Zellen. Wie wir [illegible] haben ist der Zellkern der Ausgangspunkt der Zellbildung und ist daher eine Zelle nicht

mehr fortbildungsfähig, falls sie keinen Zellkern besitzt. Bei der Entstehung neuer Zellen unterscheiden wir:

1. **Freie Zellbildung.** Es entstehen im Inneren der Mutterzelle, welche bestehen bleibt, mehrere neue Zellkerne; jeder von diesen umgibt sich mit einer Plasmaschicht, und so wächst jeder durch Bildung einer neuen Zellwand zu einer neuen Zelle heran. Sowohl bei der Fortpflanzung der höheren Pflanzen finden wir die freie Zellbildung in dem Embryosack, als auch bei der Sporenbildung der Schlauchpilze, wobei gewöhnlich acht Zellkerne und ebensoviel neue Zellen entstehen.

2. **Zellbildung** durch **Verjüngung** finden wir wiederholt bei der Fortpflanzung der niederen Pflanzen, indem das Plasma die alte Zellhülle verlässt und sich mit einer neuen Zellmembran umgibt, wobei also die Membran der Mutterzelle sich nicht beteiligt.

3. **Zellbildung** durch **Verschmelzung** oder **Copulation.** Es tritt das Protoplasma der einen Zelle in eine zweite Zelle über und verschmilzt hier zu einem einzigen neuen Plasmakörper. Wir können hierbei noch keinen deutlichen Unterschied zwischen männlichen und weiblichen Zellen machen und haben so den einfachsten Fall der geschlechtlichen Fortpflanzung.

4. **Zellbildung** durch **Teilung** ist die bei den höheren Pflanzen am meisten verbreitetste. Es bilden sich fortwährend neue Zellen, wobei der Zellkern sich in zwei Partien teilt, zwischen welchen eine Scheidewand aus Cellulose entsteht; in diesem Fall nimmt also die Zellmembran der Mutterzelle an der Zellbildung Anteil.

5. **Zellbildung** durch **Sprossung** finden wir z. B. bei der Hefe; es entstehen an der Zellmembran kleine Vorsprünge, welche ein schnelles Wachstum zeigen und, sobald sie die Grösse der Mutterzelle erreicht haben, durch eine Scheidewand von der Mutterzelle abgeschnürt werden.