

Die Dynamik der Zellstrukturen.

Von Dr. Otto Bank.

Erinnern wir uns kurz an die Organisation der Pflanzenzelle: in einer von Zellulosewänden gebildeten Kammer liegt der Zellkörper (Protoplast) bestehend aus Zellkern, Zytoplasma und zentraler Vakuole (Fig. 1). Jedes dieser Zell-,organe“ besitzt eine bestimmte Struktur. — Der Zellkern ist umhüllt von einer Haut, der Kernmembran. Er enthält das oder die Körnkörperchen (Nukleolus) und als Ruhekern oft eine große Anzahl von Körnern.

Das Cytoplasma ist eine ganz dünne Schicht lebendiger Substanz an der Oberfläche des Zellkörpers. Nach außen hin bildet sie die, für das Zelleben sehr wichtige Zellhaut: das Plasmalemma. In einem besonderen Zustande kann das Cytoplasma gequollen sein und zeigt dann eine sehr deutliche gekörnte Struktur. In einem anderen Zustande kann es Stränge bilden, die der Zelle einen besonderen, eigenartigen Charakter verleihen. Im Cytoplasma eingeschlossen ist der Zellkern.

Die Zentralvakuole ist jenes Zell-,organ“ das den weitaus größten Teil des Zellkörpers einnimmt. Sie ist von einer Haut umschlossen: dem Tonoplasten (Vakuolenhaut). Eine weitere Struktur besitzt die Zentralvakuole nicht.

Es war allgemein üblich anzunehmen, auf Grund des Zellstudiums an getöteten und gefärbten Objekten, die angeführten Organe und ihre Strukturen als grobmorphologische, beständige d. i. statische Gebilde anzusehen, ohne jede Möglichkeit einer Veränderung. Die Lebendbeobachtung, vereint mit dem Experiment geben aber die Grundlage, alle morphologischen Bilder in der Zelle als dynamische, d. i. veränderliche Erscheinungen zu deuten. Nun wäre es aber grundfalsch anzunehmen, die nach Fixierung und Färbung erzielten Bilder der Zellen nur als Kunstprodukte — Artefakte — dieser Behandlung anzusehen. Im Gegenteil. Auch die nach Fixierung und Färbung erzielten Bilder kommen in lebenden Zellen vor. Das Wesen des Problems liegt aber darin, nicht eine bestimmte, unveränderliche Zellstruktur als die, d. i. die einzige, typische Struktur anzusehen, sondern die Veränderlichkeit der Strukturbilder und ihre etwaige funktionelle Gleichberechtigung anzuerkennen.

Eigene Versuche sowie Literaturangaben mögen die Berechtigung einer solchen Auffassung darlegen, wobei nicht

so sehr auf eine vollständige Literaturübersicht als auf Formulierung einer eigenen Ansicht Wert gelegt wird, einer Ansicht, die in ähnlicher Form bereits von Strügger (1933) und von Schaeede (1935) wenigstens für Teilgebiete des hier behandelten Themas vertreten wurde.

I.

Der Zellkern.

Die, Morphologen hauptsächlich interessierende Frage ist die nach dem Bestand der Körnerstruktur im Ruhekern. Viel Mühe und noch mehr Diskussionen sind der Lösung dieser Frage gewidmet worden. Ein eindeutiges Ergebnis ist jedoch lange Zeit nicht gefunden worden. Wir wollen uns daher den Gesamtbericht dieser Frage an einem konkreten Beispiele vorführen.

Wir hätten Zellen aus der Innenepidermis der Küchenzwiebel (*Allium cepa*). Wir finden darin Zellkerne ohne jede sichtbare Struktur einerseits, andererseits finden wir wiederum solche, die eine sehr deutliche einwandfreie Körnerstruktur aufweisen. Je nach der Methode, mit der wir die Epidermis vom Restgewebe ablösen, können wir das Ergebnis verschieben, ebenso mit dem Zustande, in dem sich die Zellen befinden. Wir können erzielen, daß alle Kerne körnig struktuiert sind oder optisch homogen werden.

Wenn wir nun solche Zellen mit struktuierten Kernen plasmolysieren oder in basische Farbstofflösungen tauchen, verschwinden die Kerne vollkommen, sie werden unsichtbar. Aus diesem ganz einfachen Grundversuche sehen wir, daß der morphologische Bestand der Kernstruktur, soweit sie optisch erfaßbar ist, durchaus nicht statisch sondern einwandfrei dynamisch ist, daß also die Körnelung anscheinend nicht die Struktur des Kernes ist, sondern nur die Funktion eines bestimmten physikalisch-chemischen Zustandes der Zelle darstellt.

Dieser Feststellung entsprechen die Ansichten der meisten Forscher allerdings nicht. Im allgemeinen ist man der Auffassung, daß die Struktuiierung des Kernes an sich ein Kunstprodukt, ein Artefakt ist und begründet diese Auffassung mit der Tatsache, daß die Kernstruktur, je nach dem verwendeten Fixierungsmittel verschieden ist. Das Irrige dieser Ansicht wird uns sofort klar, wenn wir diese Frage nach dem in der Biologie allgemein gültigen Prinzipie beurteilen, dem Prinzipie nämlich, nach welchem die Erscheinungsform die Funktion ist aus Gegebenem und Einwirkendem (Anlage — Lage — Grundsatz), in unserem Falle aus dem Kernplasma mit allen seinen Potenzen und dem wirkenden Fixierungsmittel. Die Tatsache, daß nach Verwendung verschiedener Fixierungsmittel ver-

schiedene Strukturbilder entstehen, dürfte daher in den meisten Fällen nur dahin gewertet werden, daß eine gegebene Kernstruktur eine bestimmte Formungsfähigkeit (Plastizität) besitzt.

Einem solchen Standpunkt nähert sich vielleicht G. Hertwig (1929), der anerkennt, daß die Mehrzahl der Ruhekerne wahrscheinlich ohne jegliche morphologische Struktur besteht. Daß jedoch die, nach der Fixierung auftretende Kernstruktur kein Artefakt ist, glaubt er aus folgenden Gründen annehmen zu dürfen: (1.) daß solche Strukturen bei vitaler Beobachtung unter verschiedenen Bedingungen auftreten (Mikrodissektion, Sauerstoffmangel u. ä.), was nach Hertwig auf umkehrbare Änderungen und Beschädigungen schon bestehender Strukturen hinweist. (2.) daß Strukturen mit organologischem Charakter (z. B. die Chromosomen) nicht als Artefakte angesehen werden können.

Obwohl G. Hertwig den gegebenen Tatsachen größte Gerechtigkeit widerfahren lassen will, glauben wir seinen Standpunkt als zu stark präformistisch doch nicht einnehmen zu können. Die Berechtigung dazu glauben wir aus folgenden Tatsachen nehmen zu können:

Wir haben mit einem Gemisch von Methylviolett + KCl vitalgefärbte Kerne von *Allium cepa* (eigene, noch nicht veröffentlichte Beobachtungen.) Diese Kerne zeigen eine diffuse Färbung, ohne das geringste Anzeichen einer Struktur. Wird das Farbstoff-KCl-Gemisch durch eine isotonische KSCN-Lösung ersetzt, tritt nach ganz kurzer Einwirkungsdauer eine Körnelung, ausschließlich des Kernes ein, mit gleichzeitiger Differenzierung der Nukleolen. Wechseln wir die KSCN-Lösung mit einer KCl-Lösung aus, verschwindet die Körnelung des Kernes samt den Kernkörperchen in kürzester Zeit wieder. Bei nochmaligem Tausch der Lösungen (KSCN statt KCl) erscheint die Körnelung von Neuem. Aus der Geschwindigkeit, mit der das Auftreten und Verschwinden der Kernstruktur statthat, können wir einwandfrei auf einen rein kolloidchemischen Vorgang im Kerne schließen, auf einen Vorgang der jenem ähnelt, der als Entmischung, neuerdings besser Koazervation genannt, sehr gut bekannt ist. Somit scheint es berechtigt, der für das Zelleben so wichtig eingeschätzten Kernstruktur die unbedingte Lebensnotwendigkeit absprechen zu können. Damit und mit den eben berichteten Beobachtungen erhalten wir aber sehr wichtige Argumente in die Hand, für die dynamische Auffassung der Struktur des Ruhekernes.*) Aber selbst „organologische“ Strukturen z. B. die Chromosomen verhalten sich der Ruhestruktur nicht unähnlich. So gibt Ellenhorn (1933) an, daß die Chromosomen bei Mikrodis-

*) Siehe auch: Schönfeld, 1934.

sektion oder durch mechanischen Druck optisch verschwinden, was, gemeinsam mit meinen eigenen bezüglich des mechanischen Druckes gemachten Beobachtungen an supravital gefärbten Kernen (Bank 1935) die Angaben Mojssejewas (zitiert nach Sharp-Jaretsky, Einführung in die Zytologie) bestätigt. Der Unterschied zwischen der Dynamik der Ruhestuktur und der Chromosomen ist der, daß es bis jetzt nicht gelungen ist, das Wiedererscheinen der Chromosomen auf rein kolloidchemische Ursachen zurückzuführen. Vielmehr scheint es vorläufig so zu sein, als müßten physiologische Abläufe am Wiedererscheinen der normalen Chromosomenstruktur mitbeteiligt sein.

Es bleibt uns, das Problem der Kernmembran zu behandeln. Hier stehen einander zwei Ansichten gegenüber: die eine behauptet, die Kernmembran sei eine distinkte morphologische, die andere, sie sei eine rein physikalisch-chemische Membran.

Das eingangs erwähnte, veränderliche Bild des Zellkernes in Zwiebelepidermiszellen hat uns eigentlich nicht nur das Problem der dynamischen Ruhestuktur in ganzer Breite aufgezeigt, sondern zugleich auch das Problem der Kernmembran. Denn die granulierten (gekörnten) Kerne weisen eine deutlich sichtbare Membran auf, während nach vitaler Färbung der Vakuole der Kern samt Membran vollkommen verschwunden ist. Daß das Erscheinungsbild der Kernmembran dynamisch ist, scheint also schon aus dem einfachen Grundversuch evident zu sein. — Darauf scheint die Beobachtung von Martens und Chambers (1932) hinzuweisen, die nach Mikrodissektion beobachtet haben, daß sich die Kernmembran erst dann morphologisch differenziert, wenn die Operationsnadel aus dem Kern gezogen wird. Mit dieser Feststellung stimmt die frühere von Seifriz (1921) nicht überein, obwohl sie mit gleicher Methode erhalten worden. Nach diesem Autor ist die Kernmembran eine morphologisch präformierte. Diese Mißstimmung beider Angaben wiegt aber nicht sehr schwer, da besonders bei Mikrodissektion leicht unkontrollierbare Veränderungen im Zustande der Zelle eintreten können, die das Ergebnis deutlich zu beeinflussen vermögen. Schwerwiegender könnte die Beobachtung Gicklorns (1927) sein, der an vitalgefärbten Kernen eine deutliche morphologische Membran feststellen konnte. Doch diese Beobachtung läßt sich leicht durch einen einfachen Versuch aufklären, derart, daß sie nicht gegen den dynamischen Charakter der Kernmembran ausgewertet werden kann.

Wir hätten Epidermiszellen der Küchenzwiebel mit deutlich differenziertem Kerne. Wir plasmolysieren vorsichtig. Dabei wird der Zellkern unsichtbar. Wir geben nun Eosin oder Erythrosin in isotonischer Salzlösung zu und beobachten im Hell- als auch im Dunkelfelde. Nach einiger Zeit leuchtet im

Dunkelfelde, in dem bis dahin vollkommen optisch leeren Zellleibe, die Kernmembran auf. Im Hellfelde ist zu dieser Zeit der Kern sichtbar, die Kernmembran ist aber noch nicht morphologisch differenziert. Mit der Wirkungsdauer des Farbstoffes wird sie es und wir erhalten die von Gicklhorn dargestellten Bilder: vitalgefärbte Kerne mit deutlichen morphologischen Membranen. Es ist aber eindeutig klar, daß die morphologische Kernmembran in unserem dargestellten Falle das Produkt ganz bestimmter Lebensbedingungen ist. (Bank 1933). Gleiches beweisen die Beobachtungen Kamnevs (1934) an Epithelzellen des Amphibiendarmes, die Beobachtungen Nasonows (1932) Alexandrows (1933) Banks (1931) an anderen Tierzellen. Die Versuche der letztgenannten drei Autoren haben das gemeinsam, daß sie den vitalgefärbten Zellkern durch Sauerstoffangebot entfärben und Körnchen im Cytoplasma färben können, wobei der Zellkern unsichtbar wird, während bei Sauerstoffmangel die Körnchen entfärbt und die Zellkerne wieder gefärbt werden, wobei die Kernmembran, bei langanhaltender Färbung morphologisch deutlich wird. In dieselbe Kategorie gehören die Beobachtungen A. v. Herwerdens (1925), die durch Angebot von Essigsäure die Kerne im Schwanzepithel des Frosches samt Membran deutlich differenzieren und durch Auswaschen der Essigsäure die Kerne wiederum verschwinden lassen konnte. Die morphologische Dynamik der Kernmembran zeigen deutlich folgende weitere Beobachtungen (Bank 1936): wir drücken plasmolysierte Protoplaste mit vitalgefärbten, also deutlich sichtbaren Zellkernen. Die Kerne entfärben sich und verschwinden. Bei weiterem Drucke differenzieren sich die nun entfärbten Zellkerne, wohl mit verändertem relativen Lichtbrechungsindex, aber mit einer sehr deutlichen Membran wieder.

Unsere Ansicht über die Dynamik der Kernstrukturen, die etwa der Ansicht Struggers (1933) und Schaedes (1935) gleichläuft, scheint demnach sehr wahrscheinlich zu sein und wird weiterhin auch durch die Angaben gestützt, die Lepeschkin (1935) in seinem Sammelreferat Seite 482—485 bringt. —

II.

Der Protoplast zeigt Schalenbau. Physikalisch ist diese Feststellung wohl begründet, da die Oberflächenschichten unter ganz anderen Bedingungen bestehen als das Innenplasma. D. h. aber auf den Zelleib angewendet, daß das Oberflächencytoplasma und jenes, das an die Zentralvakuole grenzt, wesentlich anders beschaffen sein dürften als das Innenplasma. Es scheint also berechtigt zu sein, auch morphologisch die einzelnen Zonen auseinander zu halten und sie gegebenenfalls auch zu benennen. So bezeichnen wir die äußerste Cytoplasma-

schicht als Exoplasma, jene, die an die Zentralvakuole grenzt als Endoplasma und das zwischen beiden liegende als Mesoplasma.

Auf Grund dieser anatomischen Unterscheidung fragen wir, ob die einzelnen Cytoplasmaschichten unveränderliche, statische Zonen darstellen mit Organellen — Charakter, oder ob sie dynamisch sind, d. h. gegebenenfalls ineinander übergehen können.

Die Antwort scheint in unserem Sinne zu liegen. Noll (1903) gibt für *Bryopsis* an, daß das somatische Plasma dichter und körniger wird, wenn es in das „embryonale“ Plasma der Spitzen gerät. Bertold (nach Küster 1929) konnte diese Angabe an anderem Materiale bestätigen.

Pfeffer (1904) hat sich zur Feststellung des dynamischen Charakters der cytoplasmatischen Zonen der Alteration und der Regeneration des Cytoplasmas bedient. — An Plasmodien von *Chondrioderma* konnte er beobachten, daß nach Verletzungen das Hyaloplasma (Exoplasma in unserer Benennung) aus dem Granuloplasma (unser Mesoplasma) gebildet wird, durch Abwanderung der Körnchen (Granula) des Granuloplasmas aus der nunmehrigen Oberfläche in die Innenzone. Nach Pfeffer soll es auch möglich sein, durch Einwanderung von Körnchen aus Exoplasma Mesoplasma herzustellen.

Die Beobachtungen Speks und Chambers' (1934) weisen darauf hin, daß der Unterschied zwischen Exo- und Mesoplasma nicht unüberbrückbar sein dürfte. Nach Spek ist das Mesoplasma (Granuloplasma) von Amoeben mindestens aus zwei Phasen zusammengesetzt: der Körnchen- und der Zwischensubstanz. Das Exoplasma ist körnchenfrei. Bei seinen Beobachtungen hatte Spek den Eindruck, daß auch das „homogene“ Exoplasma diesen Zweiphasenbau zeige. Und L. V. Heilbrunn (1928) gibt für das Seeigeele an, daß er durch Einwirkung des $HgCl_2$ im Hyaloplasma (Exoplasma) Körnchen erzeugen konnte.

Andererseits gibt Pfeffer an, daß selbst der Tonoplast, d. i. die Vakuolenhaut, aus Meso- ja sogar aus Exoplasma entstehen könne.

In letzter Zeit hat zwischen Weber (1932) und Höfler (1932) ein Meinungsaustrausch bezüglich der Abstammung der Vakuolenhaut stattgefunden. Höfler meint, sie sei das Produkt der Vakuolensubstanzen, während Weber den Standpunkt einnimmt, daß die Vakuolenhaut ein cytoplasmatischer Anteil sei. Die älteren Beobachtungen Pfeffers scheinen den Standpunkt Webers zu rechtfertigen. Indessen haben neue Untersuchungen Küsters (1929) und Banks (1934) gezeigt, daß auch die Vakuolensubstanzen die Fähigkeit haben, den Tonoplast hervorzubringen. — Im großen und ganzen dürfte die

Antwort am besten so formuliert sein, daß man annimmt, daß unter physiologischen Lebensbedingungen cytoplasmatische als auch Vakuolensubstanzen den Tonoplasten aufbauen.

Es ist vielerorts die Meinung verbreitet, als besäße die pflanzliche Zelle eine besondere cytoplasmatische Struktur, dadurch ausgezeichnet, daß das Cytoplasma in besonderen Strängen, die in ihrem Zentrum den Zellkern besitzen, angeordnet ist und in denen es strömt. Solche Strukturbilder können aber auch nicht als die Strukturbilder angesprochen werden, da man sie mit vollkommener Sicherheit in fast allen Zellen in vielen Salzlösungen bei geeigneter Konzentration zur Bildung bringen kann. Den Vorgang selbst nennen wir Systrophe. (Fig. 2) Die systrophische Anordnung des Cytoplasmas geht zurück, wenn die Zellen längere Zeit in der bestimmten Salzlösung verbleiben (Germ 1932) oder wenn man die Zelle mechanisch drückt (Bank 1936). Aus diesem Beispiele der Systrophe ist klar ersichtlich, wie vorsichtig man bei der Beurteilung sogenannter „typischer Zellstrukturen“ sein muß. Denn gerade die systropheähnliche Anordnung des Cytoplasmas wurde lange Zeit hindurch für einen stabilen Strukturtypus gehalten, was er in Wirklichkeit jedoch nicht sein dürfte. Granulation des Cytoplasmas ist ebenso kein stabiles Strukturelement. Nach Hardy (1928) — zitiert nach Lepeschkin (1935) — können in Eizellen die Körnchen abzentrifugiert werden, ohne daß ihr Leben dadurch gefährdet würde, obwohl dann das Ei eigentlich strukturlos ist. In Pflanzenzellen kann im Cytoplasma Granulation erzeugt — z. B. bei Vakuolenkontraktion — und wieder zum Verschwinden gebracht werden. Auch Vakuolen können erzeugt und wieder rückgängig gemacht werden. Allerdings scheint es vereinzelt vorzukommen, daß das Cytoplasma einer Art eine beständige Schaumstruktur aufweist (Gicklhorn 1930 für *Cladophora glomerata*, Seifriz 1930 für *Euphotes* zitiert nach Lepeschkin 1935).

Eine besondere Behandlung verdient die anatomische Plasmahaut, das Plasmalemma. Physiko-chemisch entsteht überall dort, wo zwei Phasen zusammenstoßen, eine physikalische Membran. Es muß auch dort, wo das Protoplasma mit dem Milieu zusammenstößt zweifellos eine Membran gebildet werden. Die Erscheinungen der Osmose sind für den Bestand einer solchen Membran eindeutig beweisend. Nur ist die Frage zu stellen, ob diese Membran — das Plasmalemma — anatomisch differenzierbar ist oder nicht.

Bei Amöben ist die Plasmahaut mikrochirurgisch isolierbar (Howland 1924) ebenso bei *Rhizopus* (Seifriz 1921). Aber selbst in situ kann sie so stark verändert werden, daß sie optisch wahrnehmbar wird (Plasmolyse von *Allium cepa*, Küster 1929); oder bei Zentrifugation von in Glukose plas-

molysierten Protoplasten (Weiß 1926). Auch an Protoplasten der Characeen kann die Plasmahaut nachgewiesen werden (Strugger 1929).

Der Nachweis der Plasmahaut (Plasmalemma) ist schwierig, ein Zeichen dafür, daß ihr anatomischer Bestand nur die Reaktion auf bestimmte Lebensbedingungen darstellt. Diese Auffassung ist auch durch die Beobachtung Weißens (1926) gestützt, der in seinen Versuchen bei Zentrifugierung von in Glukose plasmolysierten Protoplasten diese Haut hat nachweisen können, während es ihm nicht gelungen ist sie nachzuweisen, wenn die Protoplaste vor der Zentrifugierung in Alkalien oder Alkalischen Erden plasmolysiert worden. Weiters läßt die Tatsache, daß die Plasmahaut eine flüssige Membran ist (siehe Lepeschkin 1936), die Problematik ihrer anatomischen Isolierung mit Hilfe der mikrurgischen Methode scharf aufleuchten.

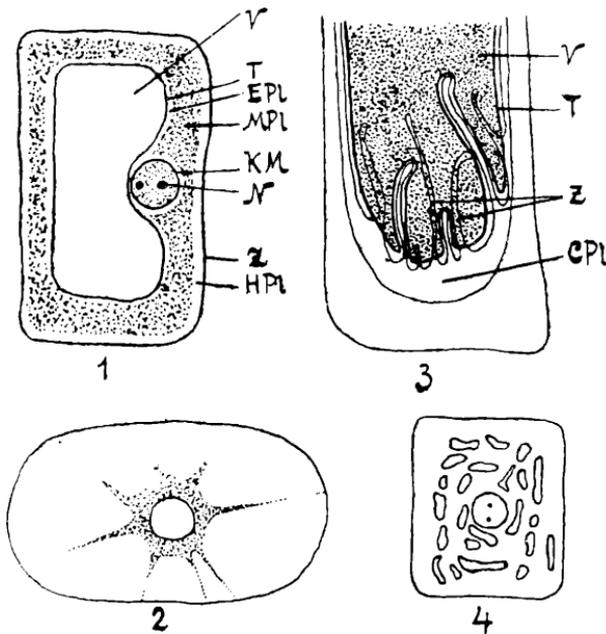
III.

Einen wichtigen und sehr problematischen Anteil des Protoplasten stellt die Zentralvakuole dar. Der ersten Auffassung nach ist sie eigentlich der, von einer halbdurchlässigen Haut — dem Tonoplasten — umgebene osmotische Sack der Zelle. Neuerdings wird von Höfler (1934) der Nachweis zu erbringen versucht, daß der Tonoplast an der Gesamtpermeabilität des Protoplasten einen sehr großen Anteil hat.

Für uns besteht nun die Frage nach der Natur dieser Haut. Lederer (1935) weist nach, daß sie ein flüssiges Häutchen sei, bestehend aus Lipoiden und eiweißartigen Anteilen. An der Flüssigkeitsnatur des Tonoplasten ist kaum zu zweifeln, wie aus den Berichten von Höfler (1931) Weber (1931) Mothes (1933) Bank (1935) klar hervorgeht. Die dynamische Natur dieses Flüssigkeitshäutchens beweisen folgende Tatsachen:

De Vries (zitiert nach Küster 1929) ist es erstmalig gelungen die Vakuolenhaut morphologisch nachzuweisen. — Aber schon Pfeffer (1904) trat für die Auffassung ein, den Tonoplast tatsächlich nicht so sehr als morphologische, denn als physikalische Haut aufzufassen, welcher Ansicht auch die neueste Forschung zustimmen kann, trotz der Beobachtungen Werners (1927) und Arzichowskys (nach Küster 1929), denen gemäß die morphologischen Tonoplaste von Sukkulente und der Begonie selbst die Einwirkung von H_2SO_4 vertragen. Andererseits gelingt es, Zellsaftvakuolen mit Tonoplasten zu isolieren (Seifriz 1921, Lorey 1929, Bank 1935) ja die Tonoplaste selber, als ganz distinkte Häutchen (Bank 1935, Lederer 1935). Andererseits ist es klar, daß das morphologische Bestehen der Tonoplaste nur eine Seinsform dieser physikalischen Haut darstellt. So kommt neuerdings Linsbauer

(1933) auf Grund von Regenerationsstudien an Characeen zu der Feststellung, daß vom Tonoplasten als morphologischer Membran nur im physiologischen Sinne die Rede sein kann, d. h. daß je nach den Bedingungen der Tonoplast morphologisch differenziert ist oder nicht. Ich selbst (Bank 1935) konnte



Abbild. 1—4.

- Fig. 1. Schema einer Pflanzenzelle. V = Zellsaftvakuole, T = Tonoplast (Vakuolenhaut), EPI = Endoplasma, MPI = Mesoplasma, KM = Kernmembran, N = Nukleolus, HPI = Exoplasma (Hyaloplasma), Z = Zellulosemembran.
- Fig. 2. Systrophe. Das Cytoplasma ist im Protoplast sternförmig um den Kern angeordnet, durch Wirkung von Salzen in plasmolytischen Konzentrationen.
- Fig. 3. Die Lage des Tonoplasten nach der Erzeugung der Küster'schen Plasmazungen. V = Vakuole, T = Tonoplast, Z = Plasmazungen, Cpl = Cytoplasma. Der Tonoplast umgibt die Plasmazungen.
- Fig. 4. Die embryonale Form der Zellsaftvakuole. Statt des zentralen Vakuolenraumes ist die Vakuole aus einem System kleiner Vakuolen gebildet.

nachweisen, daß der Tonoplast in Epidermiszellen der Zwiebel nur eine physikalische Membran sein kann und zwar aus folgendem Grunde: durch geeignete Behandlung der Zwiebelzellen kann man in diesen, die sogenannten Küsterschen Zungen erzeugen, das sind Bildungen, die vom Cytoplasma ausgehen und in den Binnenraum der Zelle ragen. Sie führen

pendelnde Bewegungen aus, die jedoch nicht synchron sind. In solche Zellen können wir Methylenblau einführen, in solchen geringen Mengen, daß die Lebensfähigkeit der Zelle nicht gestört wird. Der Farbstoff ist dann allerdings als farblose Leukobase anwesend. Durch Zusatz von KCN kann man das Methylenblau oxydieren, d. h. es wird blau, färbt aber bloß die Kolloide des Zellsaftes. Gleichzeitig mit dieser Oxydation des Farbstoffes differenziert sich der Tonoplast morphologisch u. zw. so, daß er die Küsterschen Zungen umfaßt. (Fig. 3) Nun ist es einleuchtend daß, sollte der Tonoplast eine feste, womöglich morphologische Haut sein, die unregelmäßig schwingende Bewegung der Plasmazungen mindestens stark behindert, wenn nicht ganz unmöglich wäre. Aus diesem Grunde müssen wir für die physikalische Beschaffenheit des Tonoplasten eintreten.

Eine weitere Frage ist die, nach der Präexistenz des Tonoplasten im Zustande seiner vormorphologischen Differenzierung. Eine Anzahl der Autoren nimmt für diese Auffassung Stellung (siehe Lederer 1935). Daß diese Stellungnahme nicht ohneweiters bejaht werden kann, zeigen folgende Versuchsergebnisse (Bank 1935): in jungen mitotisch tätigen Zellen ist die Zellsaftvakuole ein ganzes System verschieden geformter kleiner Vakuolen. (Fig. 4) Durch Störung der normalen mitotischen Tätigkeit der Zellen wird es möglich, die Jugendform der Vakuole zum Verschwinden zu bringen und eine Zentralvakuole darzustellen. (siehe Fig. 1) Bei Wiedereinsetzen der mitotischen Tätigkeit erscheint auch das Vakuolensystem von Neuem. Auf Grund dieser Beobachtung machen wir uns vor der Stellungnahme für die Präexistenz der Vakuolenhaut klar, daß nicht nur die Form sondern die Struktur der Vakuole (ein Zentralkörper, ein System kleiner Vakuolen) vom Zellzustand abhängig ist. Wir könnten mit gewisser Berechtigung annehmen, daß die Form der Vakuole — ob Zentralvakuole oder Vakuolensystem — Ausdruck ist der jeweiligen kolloidchemischen Struktur des Protoplasten. Nun wird es einleuchten, daß es nur von der Auffassung des Zustandekommens der Vakuolenform: ob sie eine wenigstens einigermaßen stabile Organelle, oder ob sie bloß ein bestimmtes Substanzgemisch des Protoplasmas ist, abhängt, wie man sich zur Präexistenz des Tonoplasten stellt. Ist die Zellsaftvakuole Organelle, dann ist die Präexistenz des Tonoplasten physikalisch notwendig. Ist sie aber ein Gemisch bestimmter Substanzen, die sich bei gegebenen Bedingungen in einer bestimmten Form morphologisch differenzieren, dann besteht der Tonoplast vormorphologisch nicht. —

Daß diese zweite Möglichkeit durchaus in den Bereich unserer Überlegungen zu liegen kommt, zeigt folgende Beobachtung:

a) in normalen Zellen ist weder Zellsaftvakuole noch Tonoplast sichtbar.*)

b) nach vitalen Kernfärbungen differenziert sich unter bestimmten Bedingungen der Tonoplast morphologisch. Wenn wir eine Zelle mechanisch drücken, verschwindet der Tonoplast, fast an Ort und Stelle. Nun konnte aber beobachtet werden, daß der unsichtbare Tonoplast reißt, was sich durch aufzucken des Protoplasmas kundgibt. Wichtig ist, daß ein solcher Protoplast stundenlang am Leben bleibt, ein Zeichen dafür, daß Cytoplasma und Vakuolensubstanzen miteinander mischbar sind.

Auf Grund dieser beobachteten Mischbarkeit der beiderlei Zellphasen, wird man einigermaßen berechtigt, die Präexistenz des Tonoplasten zu bezweifeln.

Dagegen sprechen die Feststellungen Höflers (1935), daß der Tonoplast zu großem Teil die Permeabilität richtet, nicht weil Höfler mit kappenplasmolysierten d. i. nicht normalen Protoplasten gearbeitet hat. Und da kann es durchaus wahrscheinlich sein, daß der differenzierte und veränderte Tonoplast einen Teil der Zellpermeabilität allein zu bewältigen hat.

IV.

In diesem Abschnitte seien noch einige Bemerkungen über die Mechanismen hinzugefügt, die bei der Strukturbildung in Betracht kommen.

1. Oberflächenhäute werden vor allem in ihrer physikalischen Existenz durch Oberflächenkräfte bedingt. Durch Adsorption von Zellsubstanzen, die bedingt ist durch die elektrische Ladung, deren Träger jede Oberflächenhaut ist, gelangen weitere Stoffe in die Oberfläche, so daß die Haut schließlich morphologisch differenziert erscheint. Das Prinzip solcher Adsorption ist, daß die Stoffe von den Adsorptionskräften an den Oberflächen fester gebunden werden, als sie es im Innern sind. —

2. Die Thixotropie, d. i. die umkehrbare Änderung eines Sols in ein Gel und umgekehrt, ist eine weitere Möglichkeit für die Strukturbildung. Wir besitzen zwar noch keine sichere Methode zur Sicherstellung der Thixotropie (nach brieflicher Mitteilung von Prof. Dr. T. Péterfi, dem Spezialforscher auf diesem Gebiete), es ist aber sicher, daß Sole gelifiziert werden und umgekehrt. Viele vitalen Strukturänderungen, verursacht durch mechanischen Druck, dürften hierher zu zählen sein. Oft dürfte es allerdings schwer fallen, diese Möglichkeit von anderen säuberlich zu trennen.

*) Siehe dazu: Küster, Ber. bot. Ges. 50, 1932, 350.

3. Entmischung, nach Bungenberg de Jong (1932) Koazervation genannt. Nach Gicklhorn (1929) kommt die Entmischung folgendermaßen zu stande: beim Eindringen fremder Stoffe in die Zellsubstanz wird das gegebene Gleichgewicht gestört, so zwar, daß die labilste Phase ausfällt, z. B. in Form von Körnern.

Natürlich ist für das Zustandekommen der Entmischung das Eindringen fremder Stoffe nicht Vorbedingung. Es genügt z. B. auch eine Reaktionsänderung, wie in folgendem Modellversuch: wir hätten zwei Gelatinelösungen von verschiedenem Isoelektrischen Punkte. In einem bestimmten Reaktionsbereich (pH) sind beide Gelatinen miteinander restlos mischbar. Wird nun die Reaktion über den bestimmten Bereich hinaus geändert, trennen sich beide Gelatinen fein säuberlich in zwei Teile. Für das Zustandekommen von Granulationen und auch für jenes von Membranen dürfte dieser Mechanismus besonders verantwortlich sein.

4. Ein der Koazervation vielleicht verwandter Vorgang ist die Synaerese. Das ist folgende Erscheinung: wir hätten ein bestimmtes Kolloid in einem Gefäß. Wir lassen es stehen. Nach einer bestimmten Zeit zieht sich unter Flüssigkeitsabscheidung ein aus festeren Massen bestehender Kuchen zusammen, der in die Flüssigkeit — das Serum — getaucht ist. An der Grenze Kuchen-Serum entsteht notwendigerweise eine Membran. Solche synaeretischen Vorgänge sind auch bei Membranbildungen in Zellen und Zellbestandteilen klar erkannt worden (Weber 1934, Bank 1935). —

Zusammenfassung.

Es wird versucht eine auch von Strugger (1933) und von Schaede (1935) vertretene Ansicht breiter auszuführen, derzufolge die morphologisch sichtbaren Zellstrukturen dynamisch sind, d. h. nur eine Reaktion auf gegebene Lebensbedingungen darstellen.

Von den 3 Zellorganellen (Cytoplasma, Kern, Zellsaft) bildet bezüglich der Dynamik ihrer Strukturen keine einzige eine Ausnahme.

Schrifttum.

- Alexandrov: *Protoplasma*, 17, 1932.
- Bank: *Spisy lékařské fakulty, Mas. univ. v Brně*, 10, 1931.
Protoplasma, 18, 1933; 620. 19, 1933; 125. 23, 1935; 239. 447.
 25, 1933; 188.
- „ *Cytologia*, 5, 1934.
- Bungenberg de Jong: *Protoplasma*, 25, 1932.
- Cowdry: *General Cytology*, Chicago 1924.
- Ellenhorn: *Zeitschr. wiss. Anat.*, 20, 1933; 288.
- Germ: *Protoplasma*, 14, 1932; 566.
- Gickhorn: *Kolloidchem. Beihefte*, 28, 1929.
 „ *Protoplasma*, 2, 1927.
- Gickhorn und Möschl: *Protoplasma*, 9, 1930.
- Guillermont: *Traité de Cytologie végétale*, Paris 1933.
- Heilbrunn: *Colloid Chemistry of Protoplasm* 1929. *Protoplasmamonogr. I.*
- Hertwig G.: *Allgem. mikroskopische Anatomie der lebenden Masse* 1929.
- Herwerden: *Arch. exper. Zellforsch.* 1, 1925.
- Höfler: *Ber. dtsh. bot. Ges.*, 46, 1928; 73.
Protoplasma, 15, 1932.
- „ *Zeitschr. wiss. Mikr.*, 51, 1934; 70.
- Howland: *J. exper. Zool.*, 40, 1924.
- Kamnev: *Protoplasma*, 21, 1934.
- Küster: *Pathologie der Pflanzenzelle* 1929. *Protoplasmamonogr. III.*
- Lederer: *Protoplasma*, 12, 1931; 196.
 „ *Biologia generalis*, 11, 1935; 211.
- Lepeschkin: *Protoplasma*, 24, 1935; 25, 1936.
- Linsbauer: *Protoplasma*, 5, 1929; 563. 18, 1933; 554.
- Lorey: *Protoplasma*, 7, 1929; 17.
- Martens: *Cellule*, 39, 1929; 167.
- Martens und Chambers: *Cellule*, 49, 1932; 131.
- Meyer: *Morphologische und physiologische Analyse der Zelle* 1920.
- Mothes: *Planta*, 21, 1933.
- Nassonov: *Protoplasma*, 15, 1932.
- Noll: *Biol. Zbl.*, 1903.
- Péterfi: *Protoplasma*, 12, 1931; *Biol. Zbl.*, 55, 1935; 87.
- Pfeffer: *Physiologie végétale*, Traduit J. Friedel, Paris 1904.
- Seifriz: *Protoplasma*, 3, 1921; 191. *Ann. Bot.*, 35, 1921; 259.
- Schaede: *Protoplasma*, 23, 1935.
- Sharp-Jaretsky: *Einführung in die Cytologie*. Borntraeger Berlin 1931.
- Schönfeld: *Protoplasma*, 22, 1934.
- Spek: *Die Zelle als morphologisches System* 1931.
 in Gellhorn, *Lhrb. d. allg. Physiol.* Thieme, Leipzig.
- Spek und Chambers: *Protoplasme*, 20, 1933; 376 a.
- Wada: *Cytologie*, 1, 1929; 404. 4, 1932; 114.
- Weber F.: *Protoplasma*, 15, 1932; 453. 21, 1934; 4.
- Weiss: *Planta* 1, 1926; 145.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Verhandlungen des naturforschenden Vereines in Brünn](#)

Jahr/Year: 1935

Band/Volume: [67](#)

Autor(en)/Author(s): Bank Otto

Artikel/Article: [Die Dynamik der Zellstrukturen. 105-117](#)