

Zeitschrift: Verhandlungen der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft =
Actes de la Société Helvétique des Sciences Naturelles = Atti della
Società Elvetica di Scienze Naturali

Herausgeber: Schweizerische Naturforschende Gesellschaft

Band: 94 (1911)

Artikel: Die Rolle des Nukleins in der Fortpflanzung

Autor: Stauffacher

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-90192>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 06.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Die Rolle des Nukleins in der Fortpflanzung

von

D^r STAUFFACHER (Frauenfeld)

In den Naturwissenschaften ist die Biologie die jüngste der Disziplinen. Sie ist so jung, dass die Erinnerung an ihre Gründer selbst in unserer Zeit, in der sich Entdeckungen und Erfindungen drängen, noch recht lebhaft ist, und in den letzten Jahren häuften sich die Jubiläen. 1908 feierten wir den 200. Geburtstag des grossen Organisators Linné; 1909 die 100. Wiederkehr der Geburt Darwins. 100 Jahre waren ferner verflossen seit der Veröffentlichung von Lamarck's « Philosophie Zoologique » und 50 Jahre seit dem Erscheinen von Darwins epochemachendem Werk « Von der Entstehung der Arten ». In unseren Tagen ferner ist wieder lebendig geworden das Andenken an einen Mann, dessen Bedeutung keiner seiner Zeitgenossen erkannte und dessen Werk viele Jahre vergessen blieb; es ist dies Gregor Mendel, der Entdecker der uns allen bekannten, wunderbaren Gesetzmässigkeiten in der Vererbung. Anno 1909 waren 25 Jahre seit seinem Tode verflossen. Auch 1910 ist ein Jubiläumsjahr. Wir gedenken des grossen Begründers der Zellentheorie, des am 7. Dezember 1810 am Büchel zu Neuss a. Rh. geborenen Theodor Schwann. Es will mir scheinen, es habe die Erinnerung an diesen Naturforscher die Gemüter, speziell bei uns, viel weniger aufgeregt, wie s.Z. die Gedächtnistage an Linné und Darwin und doch steht Theodor Schwann in seiner wissenschaftlichen Bedeutung um keines Haares Breite hinter jenen Heroen der Naturforschung zurück, ja, er gehört, kongenial mit Darwin, notwendig an dessen Seite.

Wir erinnern uns in erster Linie daran, dass Schwann bereits in seiner Dissertation die Frage nach der Bedeutung der atmosphärischen Luft für die Entwicklung des tierischen Eies löste. Es gelang ihm ferner, das Wesen der Magenverdauung zu

ergründen und das von ihm sog. Pepsin zu isolieren ; Schwann ist ferner derjenige, der die Lehre von der Urzeugung erschütterte und 20 Jahre vor Pasteur die Fäulnis- und Gährungstheorie aufstellte, die — beinahe wieder vergessen — durch Pasteur dann zur allgemeinen Anerkennung gebracht wurde.

Schwanns eigentliches Lebenswerk aber sind die « Mikroskopischen Untersuchungen über die Uebereinstimmung in der Struktur und dem Wachstum der Tiere und Pflanzen », ein Werk, das für alle Zeiten zu den berühmtesten Erzeugnissen der Wissenschaft gehören wird. Die Zellen waren ja allerdings schon längst bekannt : Robert Hooke, Marzello Malpighi, Nehemias Grew, Treviranus und Matthias Schleiden bezeichnen etwa die verschiedenen Etappen im Fortschritte der Lehre von der Zelle ; aber zum Baustein des Organismus überhaupt wurde diese erst durch Schwann und dadurch gab er unserer Ansicht von der Einheitlichkeit in der belebten Natur die erste und mächtigste Stütze.

Es ist der — man möchte sagen archimedische Standpunkt, den Schwann in seiner Arbeit einnimmt, wenn er sich zur Übertragung der Schleiden'schen Zellentheorie auf das tierische Gewebe anschickt. Diese geniale Interpretation von zum grossen Teil bereits bekannten und gesicherten Forschungsergebnissen durch Theodor Schwann ist ein Vorgang, wie wir ihn ebenso grandios und fruchtbringend auf biologischem Gebiete eben nur bei Darwin, in der Geschichte der Chemie etwa bei Lavoisier finden. Der Erfolg des kühnen Unternehmens beruhte bekanntlich darauf, dass Schwann den Zellkern als das Hauptmerkmal einer Zelle auffasste.

Die Tat Schwanns veränderte in der Biologie die Situation auf einen Schlag. Er ist hier zum Keppler geworden : Gab dieser der Welt einen neuen Schwerpunkt, so schuf Schwann für den Organismus eine Einheit, eine Einheit in morphologischem und physiologischem Sinne. Welchen Nutzen hieraus die verschiedenen Zweige der Anatomie, die Zoologie, die vergleichende Entwicklungsgeschichte, die Embryologie und die Physiologie zogen, brauche ich Ihnen nicht zu sagen. Die Zellentheorie rief der Zellularphysiologie und ihre Kenntnis liefert

den Schlüssel zum Verständnis der Funktionen der einzelnen Organe sowohl wie des ganzen Organismus. Daher sagt Verworn: « Worauf uns die Betrachtung jeder einzelnen Funktion des Körpers immer wieder hinlenkt, das ist die Zelle. In der Muskelzelle liegt das Rätsel der Herzbewegung, der Muskelkontraktion; in der Ganglienzelle schlummern die Geheimnisse der geistigen Vorgänge sowie der Regulierung aller Körperleistungen. Wenn also die Physiologie die Erforschung der Lebensvorgänge als ihre Aufgabe betrachtet, dann muss sie die Lebensvorgänge an dem Orte untersuchen, wo sie ihren Sitz haben, wo der Herd der Lebensvorgänge ist, d. h. in der Zelle ».

Die Zellularphysiologie hinwiederum ist die Vorläuferin der Zellulärpathologie und damit wird Schwann, der Reformator der Biologie, zum Wohltäter im Kampf der Menschheit gegen ihre mannigfachen Leiden.

Der Begriff Zelle hat sich seit Schwann schon mancherlei Modifikationen gefallen lassen müssen und voraussichtlich wird dies auch in Zukunft der Fall sein, ganz besonders dann, wenn sich die Chemie intensiver bei der Erforschung des Zellgeschehens beteiligt und es unterliegt für mich durchaus keinem Zweifel, dass bei besserem Zusammenarbeiten der morphologischen mit der chemischen Forschung unsere Kenntnis von der Zelle viel weiter vorgeschritten wäre, wie dies jetzt tatsächlich der Fall ist.

Revisionsbedürftig ist zunächst die Centrosomentheorie und das Centrosom wird voraussichtlich seinen Ruhm abtreten müssen an den Nukleolus, dessen Bedeutung bisanhin vollständig unterschätzt wurde. Unhaltbar ist ferner die Lehre von der Kernmembran und der Begriff Chromatin, wie er jetzt üblich ist. Uns interessieren hier nur die beiden zuletzt genannten Punkte, Kernmembran und Chromatin und eine kurze Auseinandersetzung über sie ist zum Verständnis des Folgenden unbedingt nötig.

Eine Kernmembran existiert nirgends, soweit bis jetzt meine Beobachtungen reichen und ich habe in bald 20jähriger intensiver Arbeit eine Unzahl von Kernen der verschiedensten Prove-

nienz auf dieses Merkmal hin untersucht. Nur für meine beiden letzten Veröffentlichungen stellte ich annähernd 200,000 Serienschnitte von 2 bis höchstens 7 μ her, die sämtlich untersucht wurden, ganz abgesehen von der grossen Zahl von lebenden Zellen und Kernen, die ich im mikroskopischen Felde prüfte.

Zur Tötung der Gewebe verwendete ich alle jetzt gebräuchlichen Fixierungsmittel und nicht eine einzige brauchbare Färbungsmethode blieb unberücksichtigt. Und das Resultat aller dieser Bemühungen war immer das gleiche: Eine Kernmembran als selbständiges Gebilde, als Umwandlungs- oder Abscheidungsprodukt des Karyo- oder Cytoplasmas existiert nicht; die Grenze zwischen Kern- und Zellplasma ist lediglich ein optischer Effekt, hervorgerufen durch das in Form sehr feiner Kügelchen im sog. ruhenden Kern, event. vorhandene Basi-Chromatin, das sich nicht nur tinktionell, also chemisch, sondern auch optisch anders verhält wie die Grundmasse, in der es lagert.

Es ist schon vielen Beobachtern aufgefallen, dass diese Substanz, die uns heute besonders beschäftigen wird, die Tendenz hat, sich im Kern zunächst peripher anzuordnen; dadurch wird sofort ganz deutlich die optische Grenze des Nukleus gegen das Cytoplasma hin abgesteckt; fehlt das Basi-Chromatin — schlechthin bis jetzt auch etwa bloß Chromatin genannt — dem Kern oder wird es umgruppiert, wie dies bekanntlich bei der mitotischen Teilung des Kernes in energischer Weise der Fall ist, so verschwindet, wie Sie wissen, sogleich auch die Membran. Ja, es gibt Zellforscher (Flemming z. B.), die auf gewissen Stadien einer sich furchenden Eizelle sogar zeitweise den ganzen Kern vermissen.

Ein sehr hübsches Beispiel, das sofort jeden, welcher der Kernmembran unvoreingenommen gegenübertritt, stutzig machen wird, finden wir bei den vegetativen und reproduktiven Kernen der Pollenkörner. Ich wähle zur Untersuchung meistens die Staubgefässe von Liliaceen, weil hier beide Kerne des Pollenkorns eine beträchtliche Grösse erreichen, während sonst sehr häufig der vegetative Kern klein ist.

Betrachtet man ein lebendes reifes Pollenkorn unter dem Mikroskop, so fällt an den beiden Kernen sofort die sehr

verschieden sichtbare Begrenzung auf. Der eine Kern ist sehr scharf gegen das Cytoplasma abgesetzt, während der andere einer deutlichen Berandung durchaus entbehrt. Sozusagen unmerklich geht, wenigstens an gewissen Stellen, der Nukleus in das umliegende Wabenwerk des Cytoplasmas über. Demjenigen, der von der Realität einer Kernmembran überzeugt ist, wird schon dieses ein Beispiel schwere Verlegenheiten bereiten, während tatsächlich die Verhältnisse einfach liegen: Der eine der beiden Kerne, eben der gegen die Umgebung scharf abgesetzte, ist nämlich prall gefüllt mit Basi-Chromatin, dessen Körnchen oder Tröpfchen die optische Grenze nach Aussen abstecken, während der andere Kern nur sehr bescheidene Mengen dieser Substanz enthält und damit auch der optischen Differenzierung gegen Aussen entbehrt oder dieselbe wenigstens nur da zeigt, wo sich Basi-Chromatin event. peripher angelagert hat.

Früher, als die Untersuchung *lebender* Zellen und Gewebe noch im Vordergrund stand, sprach man sehr viel weniger apodiktisch von einer Kernmembran, man sprach vorsichtig von einer Kerngrenze und ohne etwas darüber zu präjudizieren, ob sie bald oder mehr durch den Kern oder durch das Cytoplasma erzeugt werde. In der Masse aber, in dem das cytologische Studium beinahe ausschliesslich fixiertes und tingiertes Material benutzte, tritt eine Kernmembran immer mehr in den Vordergrund.

Bei geeignetem Färbungsverfahren kann man leicht konstatieren, dass die Grundmasse des Kerns mit derjenigen des Cytoplasmas übereinstimmt und da sie vornehmlich saure Farbstoffe annimmt, wird sie auch Oxy-Chromatin genannt. Im Kern sowohl wie im Zellplasma ist sie im Mikroskop wabig strukturiert. Die oxy-chromatische Grundlage der ganzen Zelle ist durchaus kontinuierlich; denn vom Kernrande aus gehen Verbindungsstränge hinüber zum Cytoplasma; sie überbrücken den in so vielen Fällen vorhandenen « Hof », der deshalb besonders auffällt, weil er des netzigen Baues entbehrt. Würde also eine Kernmembran bestehen, so müsste sie durchlöchert sein, wie dies tatsächlich von mehreren Forschern, ich nenne From-

mann, Carnoy, Loos, Kölliker, Eimer, Leydig und R. Hertwig, angenommen wurde.

In die oxy-chromatische Grundmasse eingebettet sind die basi-chromatischen oder basophilen Elemente, so genannt, weil sie vornehmlich basische Farbstoffe aufnehmen : Im Kern ist es das sog. Chromatin, im Cytoplasma sind es die Mikrosomen.

Nun darf nicht vergessen werden, dass jede Besichtigung mikroskopischer Präparate eine Projektion auf eine Bildebene bedeutet. Stellen wir uns verschiedene Schnitte durch den Kern her (ich denke mir einen Kern, der arm ist an Basi-Chromatin, damit das Suchen nach einer Kernmembran keinen weiteren Schwierigkeiten begegnet), so repräsentieren die peripheren Schnitte die Kalotten der Kugel, während die zentralern kurze Cylinder sind. Besteht eine Kernmembran, so sollte ihre Deutlichkeit in dem Masse abnehmen, als wir in zentripetaler Richtung vorschreiten ; denn die äusseren Schnitte, wenigstens wenn sie dünn sind, werden ja zum grössten Teil von der Kernmembran gebildet, während die zentraleren bloss schmale Ringe derselben enthalten könnten. Am wenigsten sichtbar wäre die Membran im äquatorialen Ring, weil dieser in eine Kreislinie projiziert würde. Tatsächlich ist aber genau das Gegenteil von dem der Fall, wass wir erwarten : Die Abgrenzung des Kernes wird in dem Masse deutlicher, als wir von peripheren zu zentralen Schnitten fortschreiten. In den Kernkalotten nimmt auch die beste Linse auf dem feinsten Schnitt keine Spur einer Kernmembran wahr und nichts greift störend in die Kontinuität des Oxy-Chromatins ein und in vielen von mir untersuchten Fällen hätte ich überhaupt keine Ahnung davon gehabt, dass der Kern bereits angeschnitten worden sei, wenn nicht der in Ehrlich-Biondis Lösung leuchtend rot gefärbte Nukleolus dies angezeigt hätte. Allerhöchstens fällt im Bereiche eines solchen Kernschnittes eine durch die Projektion bedingte relativ dichtere Stellung der Basi-Chromatinelemente auf, eine Beobachtung, die für sich allein die Anwesenheit des Kernes allerdings noch nicht beweisen würde, falls wir uns nach Voraussetzung zur Untersuchung der chromatinarmen Kerne bedienen.

Zentralere Schnitte durch den Nukleus dagegen sind wie gesagt kurze Cylinder, deren Seitenflächen im allgemeinen umso senkrechter stehen, je näher dem Aequator die Schnitte liegen. Die Chromatin-Körnchen des Kernringes werden nun bei der Besichtigung im Mikroskop und der dadurch erfolgten Projektion in eine mehr oder weniger kontinuierliche Kreislinie projiziert, die als Kontur den Kern zu begrenzen scheint. Unter sonst gleichen Bedingungen wird diese Kontur um so deutlicher sein, je dicker der Schnitt ist. Kann man auf Schnitten von 2, 3, 4, 5 ev. auch 6 und 7 μ noch ganz deutlich sehen, dass die Kreislinie aus nichts anderem besteht als aus einzelnen, dicht neben und hinter einander stehenden Chromatin-Körnchen, so macht diese Diskontinuität auf dicken Schnitten unweigerlich der Kontinuität Platz, weil alsdann zu viel Partikelchen projiziert werden, als dass man zwischen ihnen noch Lücken auffinden könnte.

Die Schnitte, deren sich die Zellenforscher bedienen, sind im allgemeinen zu dick und ein Blick in die heute massgebende Literatur wird keinen Kenner der Verhältnisse einen Augenblick darüber im Zweifel lassen, dass dieser Vorwurf gerechtfertigt ist. Meine Schnitte erreichen mit 7 μ ihre obere Grenze; wie man aber an Schnitten von 15, 20, ja sogar 30 und mehr μ cytologische Studien betreiben kann, ist mir unverständlich.

Ein zweiter Punkt fällt nicht weniger ins Gewicht.

Das Oxy-Chromatin ist der Sitz der Reizbarkeit und man kann durch vergleichende Versuche leicht konstatieren, dass beim Tode der Zelle durch Gifte immer Kontraktion oder Schrumpfung dieser Substanz eintritt, falls das fixierende Agens nicht sehr schnell wirkt. Sehr deutlich lässt sich, besonders bei pflanzlichen Geweben, wo eine feste Zellmembran als Marke stehen bleibt, beobachten, wie sich das Zellplasma vor dem anrückenden Gifte zurückzieht; dadurch werden aber viele ursprünglich relativ weit auseinanderliegende basophile Elemente einander genähert und unter Umständen enge neben und hintereinander aufgereiht. Es gelingt uns so leicht, membranartige Bildungen im Cytoplasma zu erzeugen, wo vorher keine Spur einer Haut zu sehen war. Aehnlich verhält

es sich am Kernrand, wo sich, wie bereits betont, die Chromatin-Elemente sowieso gerne häufen. Tritt hier Kontraktion der oxy-chromatischen Grundmasse ein, so müssen sich die einzelnen Körnchen auf ihrer Flucht gegen das Kerninnere allmählig so dicht stellen, dass sie einen ununterbrochenen Ring repräsentieren, der die scharfe Abgrenzung des Kerns nach Aussen besorgt. Es wäre mir ein Leichtes, an Hand der modernen Literatur den Nachweis zu erbringen, dass in ausserordentlich vielen Fällen, besonders bei Benutzung gewisser Fixiermittel, eine Kontraktion des Oxy-Chromatins und eine damit im Gefolge stehende Dislokation basichromatischer Elemente erfolgt ist, eine Verschiebung, die bis zur Verklumpung des Basi-Chromatins und zur Entstehung wunderlicher, unförmlicher Klötze dieser sonst so zierlich abgesonderten und verteilten Substanz im Innern des Kernes führt.

In sehr vielen Präparaten kombinieren sich offenbar die beiden Momente, Dicke des Schnittes und Schrumpfung des Protoplasmes und dass dies zur Verdeutlichung einer Kernmembran beitragen muss, ist selbstverständlich; soweit ich sehe, ist dieses Zusammentreffen bei Schnitten tierischer Provenienz noch mehr der Fall als auf botanischem Gebiet, weil man sich hier in den meisten Fällen anderer fixierender Medien bedient wie in der Zoologie.

Kerne sind Bläschen, meinte Schwann, und « ohne Zweifel — so kalkuliert Heidenhain — kann man nun sagen, dass die Blasenform selbst Beweis genug ist für die Existenz der Kernmembran. » Ich trete heute auf eine Diskussion dieses Satzes, den ich andern Orts bekämpft, nicht ein; sollte sich aber nicht konsequenter Weise die Wand in dem Masse verstärken, in dem die Blase grösser wird, falls letztere überhaupt noch existenzfähig bleiben soll? Was liegt näher, als die Kernmembran bei den mächtigen Kernen der weiblichen Sexualzellen zu suchen, z. B. den Archespor-Zellen der Liliaceen oder den Ei-Zellen von Mollusken etc.? Man sehe sich ferner die wunderbaren Kerne der vegetativen Zellen im Ovarium einer Bienenkönigin oder diejenigen in den Dotterzellen einer Aphis u. s. w. an. — Müssen nicht die relativ gewaltigen « Bläschen » der Makronuklei

gewisser ciliater Infusorien von diesem Standpunkte aus eine Kernmembran mit der wünschbarsten Deutlichkeit zeigen? Aber gerade hier, wo wir hoffen, jeden Zweifel an der Nichtexistenz einer Kernmembran definitiv beseitigen zu können, werden wir vollends überzeugt von der Abwesenheit einer speziellen Haut, die den Inhalt des Bläschens zusammenhalten soll. Es gibt ferner Forscher -- ich nenne Ayers, Stuhlmann, R. Hertwig, Obst, R. W. Hofmann -- die zwar eine Kernmembran annehmen, diese aber den Nukleus zeitlich nicht immer oder örtlich nicht in seinem ganzen Umfang umgeben lassen. Was sollen wir aber von einem Bläschen halten, dessen Bläschennatur geradezu bedingt sein soll durch die Präexistenz einer Haut, während diese Haut vorübergehend fehlt und zeitweise das Bläschen nur halb einschliesst u. s. f.?

Eine selbständige Kernmembran, eine Haut, die nach Aussen und Innen gleichmässig abgrenzt, ist am Zellkern unauffindbar, ihre Anwesenheit würde auch den intensiven Stoffaustausch, der zwischen Kern und Cytoplasma bestehen muss und auch nachweisbar besteht, ausserordentlich hemmen. Damit kommen wir auf den Hauptpunkt der vorliegenden Arbeit zu sprechen.

Es wurde bereits darauf aufmerksam gemacht, dass zwischen der oxy-chromatischen Grundlage des Kernes und derjenigen des Cytoplasmas Verbindungen bestehen, die bereits von Frommann in den 60er Jahren des verflossenen Jahrhunderts gesehen und beschrieben worden sind. Seine Entdeckung wurde jedoch nicht gewürdigt; die Arbeiten Frommanns gerieten in Vergessenheit und mit ihnen alle andern, die sich in ähnlichen Bahnen bewegten. Ich glaube, die ablehnende Haltung, welche die Mehrzahl der Zellenforscher diesen Strukturen gegenüber einnahm, darauf zurückzuführen zu müssen, dass die Entdecker derselben nicht anzugeben vermochten, wozu sie dienen sollten. Es lag bei dem damaligen Stand der Zellenlehre kein Bedürfnis vor, solche Strukturen anzunehmen. Weniger ausschlaggebend, glaube ich, war die Tatsache, dass eine ganze Anzahl hervorragender Cytologen, unter ihnen Flemming, die Strukturen Frommanns trotz der Absicht, sie zu suchen, nicht fanden; denn unter den Forschern, die wieder-

holt auf solche Verbindungen mit Nachdruck hinwiesen, figuriert neben Frommann u. a. auch Leydig, einer der ausgezeichnetsten Beobachter auf mikroskopischem Gebiete, die ich bis jetzt kennen gelernt habe.

In der jüngsten Zeit wurden die genannten Strukturen zum zweiten Mal entdeckt; dabei ergab sich 1. dass solche Kernbrücken, wie sie jetzt genannt werden, nicht nur bestehen zwischen Kern und Cytoplasma, sondern auch zwischen dem Kern und seinem Nukleolus und es ist sehr interessant zu sehen, wie schon Leydig 1883 in seinem Werk « Untersuchungen zur Anatomie und Histologie der Tiere » darauf aufmerksam macht, dass zwischen Nukleolus und Kern eine unverkennbare Wiederholung dessen eintrete, was Kern und Protoplasma zu einander zeigen. Es wurde daher vorgeschlagen, die einen Verbindungsstränge als äussere, die andern als innere Kernbrücken zu bezeichnen.

2. konnte konstatiert werden, dass diese Strukturen unzweifelhaft dem Stofftransport in centrifugaler Richtung dienen: Vom Nukleolus aus fliesst organisiertes Material hinüber in den Kern; es sind eben jene Tröpfchen basy-chromatischer Substanz, von denen wir bereits gesprochen und deren periphere Anordnung im Nukleus uns aufgefallen. Von hier aus aber sucht das Basi-Chromatin auf den äussern Kernbrücken in mikrosomalen Portionen in das Cytoplasma zu gelangen. •

Schon bei Anwendung der gebräuchlichen Methoden, z. B. der Boraxkarmin- und Hämalanfärbung fielen mir an den verschiedensten Stellen in meinen Präparaten so konstante Nüancen in der Tinktion auf, dass ich sie kaum auf Zufälligkeiten oder Launen des Farbstoffes zurückführen konnte. Zuerst verblüffte mich — das war vor genau 20 Jahren der Fall — das differente Verhalten der beiden Teile des Nukleolus von *Cyclascornea*. Dann folgten färberische Unterschiede bei den Kernen von Pollenkörnern, sodann fiel mir auf, dass besonders die äusseren Kernbrücken in ihrem auswärts gerichteten knopfförmig verdickten Ende Tinktionen annahmen, die nicht übereinstimmten mit denjenigen der Strukturen selbst u. s. w. Nunmehr regte sich in mir der Chemiker und ich entschloss

mich, diesen Differenzen nachzuspüren. Zunächst wählte ich in einer sehr langen Reihe von Versuchen dasjenige Fixiermittel aus, das den Protoplasten in seiner chemischen Zusammensetzung am wenigsten zu stören scheint, das ist unzweifelhaft der neutrale, 100 prozentige Alkohol. Sodann ersetzte ich die bisher üblichen Färbemethoden durch ein Verfahren, das analytischen Forderungen besser entspricht: Die konzentrierten Farbstofflösungen, in denen sich schliesslich der Protoplast wider Willen färben muss, wenn man ihn nur lange genug in der Flüssigkeit belässt, ersetzte ich durch sehr stark verdünnte Lösungen und überliess es dem Protoplasma, aus einem Gemisch verschiedener Farbstoffe nach seinem chemischen Bedürfnisse auszulesen. In vielen Fällen als sehr vorteilhaft erwies sich das sog. Ehrlich-Biondi'sche Gemisch, das zwei Komponenten, eine saure rote (aus zwei Farbstoffen bestehend) und eine basische grüne, das Methylgrün enthält und zwar ganz besonders deshalb, weil das Methylgrün unter gewissen Bedingungen als ein Reagens auf eine besondere basophile also saure Gruppe der Chromatine, nämlich die Nukleine (im weitern Sinne) angesehen werden kann. Denn mit dem bisher üblichen Begriff Chromatin kommen wir hier nicht mehr aus, er vereinigt zu Vielerlei unter seiner Fahne und es ist höchste Zeit, dass wir ihn reinigen und chemisch präzisieren. Wir betrachten also die genannte Lösung als einen Anfang mikrochemischer Analyse durch Farbstoffreaktionen.

Allerdings ist auch Nuklein ein Sammelname und umfasst eine Reihe verschiedener Körper, die als sauer reagierende Substanzen ohne Zweifel (Kossel, Lilienfeld, Zacharias) in vielen Fällen einen Hauptteil des Chromatingerüsts des Nukleus ausmachen; aber ob dies Nukleoproteide oder Nukleine im engeren Sinne oder gar freie Nukleinsäuren sind, lässt sich vorläufig weder chemisch noch mikroskopisch entscheiden; denn sauer reagieren nicht nur die *Nuklein-Säuren*, sondern auch ihre Derivate, die Nukleoproteide und Nukleine. Immerhin ist diese Gruppe von Chromatinen der chemischen Deutung erheblich näher gerückt und sehr viel einheitlicher als das, was wir bis jetzt unter dem Titel Chromatin zusammenzufassen pflegten.

Die Färbung in Ehrlich-Biondis Gemisch oder in Fuchsin-Methylenblau, Eosin-Methylenblau etc. ist eine simultane. Nimmt nun eine Zellsubstanz aus einem neutralen Farbstoffgemisch z. B. aus Ehrlich-Biondis Lösung die basische Komponente auf, und ist jene Substanz löslich in verdünnten Alkalien und basischen Alkalisalzen, unlöslich dagegen in verdünnten Säuren und besonders unverdaulich in Pepsin-Magensaft, so stellen wir sie zu den Nukleinen; wir bezeichnen sie, wie bereits betont, auch etwa als Basi-Chromatin.

Die andern Zellinhalte dagegen, welche die saure (aus Ehrlich-Biondis Gemisch die rote) Komponente aufnehmen, also basisch und deshalb oxyphil sind, werden kurz Oxy-chromatine genannt. Wir fassen selbstverständlich auch unter dieser Bezeichnung eine Reihe verschiedener Körper zusammen; schon die vielen Nüancen der Rotfärbung in Ehrlich-Biondis Gemisch weisen darauf hin und es wird möglicherweise ihre Entwirrung schwieriger sein wie diejenige der Basi-Chromatine. Vielleicht gewinnen wir durch die jetzt so intensiv betriebene Chlorophyll-Forschung einige sichere Anhaltspunkte, gerade so wie die mikrochemischen Erkenntnisse am Kern in deutlicher und überzeugender Weise geleitet wurden durch die makrochemischen Reaktionen am tierischem Sperma u. s. w.

Noch auf einen Punkt muss ich hier aufmerksam machen: Basi-chromatische und oxy-chromatische Substanzen können sich gelegentlich in den Präparaten verdecken. In den Kernen, die viel Basi-Chromatin enthalten, nimmt man gelegentlich keine Spur einer Rotfärbung in Ehrlich-Biondis Lösung wahr, die ganze Fläche des Kerns ist rein blaugrün und doch sitzt jenes überall auf oxy-chromatischer Unterlage, aus der es auch entsteht und auf der es nach Aussen abfließt. Löst man dagegen das Nuklein in Alkalien, Lösungen von Soda u. s. f. auf, so lässt sich die oxy-chromatische Grundlage leicht nachweisen. Andererseits, besonders in tierischen Geweben, vermissen wir sehr häufig eine Färbung durch Methylgrün, obschon Nukleine vorhanden sind. Unterwerfen wir aber solche Zellkomplexe der Einwirkung des künstlichen Pepsin-Magensaftes, so wird das

verdeckende resp. umhüllende Oxy-chromatin gelöst und das Basi-chromatin kommt nun deutlich zum Vorschein.

Wir werden nun sehen, wie sich diese in aller Kürze gemachten Bemerkungen verwerten lassen zu einer zusammenfassenden Betrachtung einer Fülle einzelstehender Tatsachen.

Vergegenwärtigen wir uns zunächst einmal den Typus einer in Ehrlich-Biondi gefärbten Zelle¹.

Es fällt uns auf:

1. Der aus oxy-chromatischer Grundmasse bestehende Nukleolus ; er ist gespickt mit basi-chromatischen Elementen ;
2. Der membranlose Kern mit seinem auf oxy-chromatischer Grundlage sitzenden Nuklein ;
3. Das oxy-chromatische Wabenwerk des Cytoplasmas mit seinen basi-chromatischen Mikrosomen ;
4. Beobachten wir innere und äussere Kernbrücken, welche die Kontinuität des Oxy-chromatins der ganzen Zelle bedingen und auf denen die basi-chromatischen Tröpfchen vom Nukleolus aus in zentrifugaler Richtung abfliessen.

Das Beobachtungsmaterial, das ich Ihnen heute begreiflicherweise nur in ein paar Repräsentanten bildlich vorführen kann, ist, um besser verglichen werden zu können, genau in der gleichen Weise behandelt worden: Die Fixierung erfolgte in neutralem absoluten Alkohol, die Färbung in einer und derselben Flüssigkeit des Ehrlich-Biondi'schen Dreifarben-gemisches.

Die Diapositive sind direkt nach meinen Präparaten hergestellt und entsprechen ihnen im Prinzip ganz genau ; dass in den Schnitten manches Detail hübscher und schärfer zu sehen wäre, wie in der starken Vergrösserung des Projektionsapparates, ist selbstverständlich. Ich habe übrigens sämtliche Präparate, auf die ich mich hier stütze, mitgebracht und lasse sie von Interessenten gerne besichtigen. Sie werden zudem Morgen in der zoologischen Sektion, soweit die Mikroskope ausreichen, aufgestellt sein.

¹ Der Vortrag wird in erweiterter Form unter Beigabe der kolorierten Tafeln an anderer Stelle erscheinen.

Schauen wir uns zunächst einen Schnitt durch ein Pollenkorn vielleicht von *Fritillaria imperialis* an.

Wir sehen die beiden uns längst bekannten Kerne, den generativen und den vegetativen, aber in ganz differenter Färbung. Der eine ist durchaus grün, der andere durchaus rot tingiert.

Der grüngefärbte Kern ist der vegetative, der vornehmlich rotgefärbte der generative. Mit andern Worten: Während der vegetative Kern, der das Wachstum des Pollenschlauches beherrscht und auch stets in der Wachstumszone desselben liegt, prall gefüllt ist mit Basi-chromatin, tritt diese Substanz im generativen Kern ausserordentlich zurück und ist nur in vereinzelter, winzigen Portionen vertreten. Dagegen enthält der generative Kern einen Nukleolus, der denjenigen des vegetativen Kerns an Grösse weit übertrifft.

Die beiden Kerne gehen bekanntlich aus einem einzigen Kern hervor. Es ist mir jedoch leider bis jetzt nicht gelungen, ihre Entstehung aus dem Mutterkern zu verfolgen; auch in der botanischen Literatur, deren vollständige Bewältigung neben der zoologischen man allerdings von mir nicht erwarten wird, habe ich keinen Fall angetroffen, der zuverlässig über die Bildung der beiden Kerne in den Pollenkörnern berichten würde. Nach Overton (Beitrag zur Kenntnis der Entwicklung und Vereinigung der Geschlechtsprodukte bei *Lilium Martagon*, Festschrift Nägeli-Kölliker) soll eine mitotische Teilung erfolgen. Vielleicht noch interessanter dürfte die bei einer bestimmten Länge des ausgewachsenen Pollenschlauches eintretende Teilung des generativen Kernes sein: Typische Kernteilungsfiguren mit Chromosomenspaltungen werden hier kaum erwartet werden können, weil ja das Nuklein nahezu fehlt. Und in der Tat berichtet uns Osterwalder (Beiträge zur Embryologie von *Aconitum Napellus*, Flora 1898), dass ihm « typische Kernteilungsfiguren bei der Teilung des generativen Kernes nie zu Gesicht gekommen seien. Wir bemerken wohl, sagt er, zarte Chromatinfäden, dagegen keine Kernspindel oder eine Kernplatte ». Neben den genannten Fragen treten eine Menge anderer an uns heran, auf deren Beantwortung ich jetzt nicht einzutreten brauche.

Ein ähnliches Verhältnis, wie zwischen generativem und vegetativem Kern der Pollenkörner besteht mit Rücksicht auf die physiologische Bedeutung zwischen Makro- und Mikro-nukleus der ciliaten Infusorien. Jenes ist der sog. Stoffwechselkern und entspricht deshalb dem vegetativen Kern der Pollenkörner, während der Mikro-Nukleus dem generativen Kern funktionell gleichzustellen wäre. Klare, einwandfreie Präparate zu bekommen, ist nun hier nicht ganz leicht; trotzdem ist es mir gelungen, im Nussbaumersee bei Frauenfeld ein Infusor zu finden, dessen Bestimmung bis jetzt jedoch noch nicht erfolgt ist, das neben einem riesigen Makro-Nukleus auch einen Mikro-Nukleus von anständigen Dimensionen birgt und dessen Färbung daher deutlich wahrgenommen werden kann. Die schweizerische zoologische Gesellschaft hat bereits Gelegenheit gehabt, von dem Fall Notiz zu nehmen.

Die beiden Kerne sind wiederum verschieden tingiert und zwar ist der Makro-Nukleus im Präparat leuchtend grün, der Mikro-Nukleus ebenso stark rot gefärbt. Das Nuklein des Stoffwechselkerns dominiert derart, dass die oxy-chromatische Unterlage mit Ausnahme einer grössern Zahl kleiner Nukleolen unsichtbar wird und erst nach Auflösung des Nukleins zum Vorschein kommt, während in der roten Grundmasse des Mikro-Nukleus nur vereinzelte winzige Portionen von Basi-chromatin wahrgenommen werden können.

Sehen wir vorläufig von den Spermatozoiden ab, so ergibt sich genau der gleiche Unterschied, wie wir ihn soeben zwischen vegetativem Pollenkern und Makro-Nukleus einerseits und generativem Pollenkern und Mikro-Nukleus andererseits haben wahrnehmen können, ganz allgemein zwischen den Kernen vegetativer und denjenigen generativer Zellen bei höheren Pflanzen und Tieren. Wo immer wir den Kern einer vegetativen Zelle uns ansehen mögen, immer enthält er sehr reichlich Basi-chromatin, gleichgültig ob er einem tierischen oder pflanzlichen Gewebe entstammt.

Der Nukleingehalt der Kerne pflanzlicher Zellen fällt uns gewöhnlich bloss deshalb mehr auf, weil im Allgemeinen die Kerne tierischer Zellen kleiner und das Oxy-

chromatin hier stärker vertreten ist, wie bei pflanzlichen vegetativen Zellen.

Vergleichen wir damit zunächst ein in der Entwicklung begriffenes tierisches Ei; als Repräsentanten wähle ich *Anodonta piscinalis*. Färben wir ein jüngeres Eierstock-Ei dieser Muschel in Ehrlich-Biondis Lösung, so nimmt das Auge zunächst keine Spur von Grünfärbung wahr. Rot ist der hier bekanntlich zweiteilige Nukleolus und rot die ganze Fläche des Kerns. Einem aufmerksamen Beobachter wird allerdings nicht entgehen, dass der später kleinere Nukleolarteil etwas dunkler gefärbt ist wie der grössere und dass er besonders am Rande dunkel bis schwarz-rote Kügelchen enthält, die auch im Kern und im Cytoplasma angetroffen werden; aber so lange diese Mischfarbe nicht in die Komponenten zerlegt ist, lässt sich die Beobachtung zu keinem einwandfreien Schluss verwerten.

Sehr auffallend, obschon bis jetzt nicht beobachtet, ist die verschiedene Berandung der beiden Nukleolarteile: Während der grössere Abschnitt gegen den Kern hin sehr scharf abgegrenzt erscheint, ist der kleinere undeutlich berandet und zwar aus dem Grunde, weil von ihm aus die uns bereits bekannten inneren Kernbrücken in den Kern austreten; dem grösseren Nukleolarabschnitt fehlen sie gänzlich. Der ganze Nukleolus nimmt dadurch etwa das Aussehen einer kleinen Spinne an.

Das Ehrlich-Biondische Gemisch reicht also hier offenbar zur Differenzierung nicht aus; denn nur unmassgeblich, durch Mischfärbungen, weist es daraufhin, dass hier chemische Unterschiede vorhanden sein könnten. Wir erinnern uns dabei eines bekannten ähnlichen Falles aus der analytischen Chemie: Während das S-Jon des H_2S sonst untrüglich das Schwermetall-Kation anzeigt, versagt es plötzlich, wenn ein komplexes Salz vorliegt, das Eisen-Jon also z.B. im Ferrocyankalium steckt. Aendern wir aber das Reagens, hier also das Jon, d. h. ersetzen wir das S-Jon des H_2S durch das Ferri-Jon, z. B. einer Eisen-chlorid-Lösung, so wird der Effekt in der Berlinerblau-Reaktion sofort sinnenfällig.

Lassen wir nun die Ehrlich'sche Fuchsin-Methylenblau-Lösung auf unsern Nukleolus einwirken, so wird der Unter-

schied zwischen den beiden Teilen klarer : der grössere Abschnitt wird durch das Fuchsin intensiv rot, der kleinere ebenso intensiv blau gefärbt. Die chemische Differenz zwischen den beiden Nukleolarabschnitten besteht also in der Tat und es wird unsere Aufgabe sein, die Mischfarben zu entwirren. Wir unterwerfen zu diesem Zwecke das Ei der Pepsin-Magensaftverdauung und färben wieder mit Methylgrün oder Ehrlich-Biondi. Das Resultat ist sehr interessant : Die vorhin dunkelrot tingierten Körnchen des kleinern Nukleolarabschnittes des Kerns und des Cytoplasmas färben sich nunmehr sehr deutlich grün, bestehen also aus Basischromatin und die dunkelrote Mischfarbe entstand durch Auflagerung von Nuklein auf die rote oxy-chromatische Grundlage.

Aber nur in jungen Stadien des Eies ist das der Fall ; in dem Maasse, wie die Zelle wächst und ihrem sog. Reifestadium entgegengeht, wird dieser Teil des Nukleolus allmählig kleiner, seine Brücken nehmen ab, er verschwindet event. ganz und die Basischromatin Reaktion bleibt schliesslich in der ganzen Zelle aus. Mit andern Worten : In dem Ei, das wir reif, also befruchtungsbedürftig nennen, gelingt es mit den uns jetzt bekannten Mitteln und Methoden nicht mehr, Nuklein nachzuweisen. Zacharias-Hamburg, der in dieser Beziehung sehr viele Versuche angestellt hat, kommt bei andern tierischen Eiern zu demselben Resultat.

Der kleinere Nukleolarabschnitt der Eier von Anodonta, Cyclas, Unio etc. entspricht also, wie wir gesehen, vollständig dem Nukleolus vegetativer Zellen und auf jüngeren Stadien rekapituliert, phylogenetisch gesprochen, das befruchtungsbedürftige Ei immer noch sein offenbar ursprünglich vegetatives Stadium, während dem reifen Ei eine wesentliche Substanz vegetativer Zellen, das Nuklein, fehlt. Dieses Ei aber geht zu Grunde, wenn es der Kopulation mit dem Sperma entbehrt ; seine Existenz ist bedingt durch die Co-Existenz der männlichen Befruchtungszelle. Das Ei hat seine Entwicklung abgeschlossen, es ist reif in dem Moment, wo es des Nukleins entbehrt, es kann die vegetativen Prozesse des Wachstums und des Stoffwechsels vermutlich deshalb nicht mehr besorgen, weil

das zu solchen Vorgängen unumgänglich notwendige Nuklein fehlt oder doch auf einen sehr bescheidenen Rest zurückgegangen ist.

Die Tatsache, dass die Kerne sämtlicher vegetativer Zellen — gleichgültig ob tierischer oder pflanzlicher Provenienz — gefüllt sind mit Basi-chromatin, dass 2. die vegetativen Kerne des Pollenkorns und die Stoffwechselkerne der Infusorien grosse Mengen dieser Substanz führen, dass also an denjenigen Orten, wo vegetative Prozesse sich abspielen, immer reichlich Nuklein angetroffen wird, während es sonst fehlen kann oder doch sehr zurücktritt, dass 3. die Regsamkeit des Wachstums und Stoffwechsels, wie wir beim tierischen Ei gesehen, geradezu proportional ist der Menge des vorhandenen Nukleins, alles das muss uns zur Ueberzeugung bringen, dass das Nuklein bei vegetativen Prozessen unentbehrlich ist, dass es die Prozesse des Wachstums und des Stoffwechsels geradezu beherrscht ¹.

Kern und Nukleolus der befruchtungsbedürftigen Eier entleeren sich also mit der Zeit an Basi-chromatin; auf den inneren Kernbrücken fliesst diese Substanz zunächst in den Kern und von hier auf den äusseren Kernbrücken in das Cytoplasma ab, wo es vielleicht in mikrosomalen Portionen erhalten bleibt oder bei der Zubereitung des massenhaft im Ei aufgestapelten Nahrungsmaterials verbraucht wird. Der Verlust an Kern-Nuklein wäre in diesem Falle als eine Folge der zunehmenden Arbeitsteilung aufzufassen. Was in dem grösseren Nukleolarabschnitt, der persistiert, von seinem verschwundenen Erzeuger zurückbleibt, entzieht sich vorläufig meiner Kenntnis; Nuklein ist es nicht, was übrigens schon von Zacharis betont wurde.

Und nun möchten wir wissen, wie das Sperma aussieht.

Nach den Untersuchungen von Miescher, Mathews, Schmiede-

¹ Auch den Chlorophyllkörnern und den Erythrocyten des menschlichen Blutes bei denen man einen Kern vergeblich gesucht hat, fehlt das Basi-chromatin keineswegs; ja wir finden dasselbe in beiden Fällen sogar in einer ähnlichen Struktur vor: Unter Gewinnung einer sehr grossen Oberfläche verteilt sich das Basichromatin im Chlorophyllkorn sowohl wie im Erythrocyten in Form eines ausserordentlich feinen Netz- oder Wabenwerkes (dessen Kreuzungsstellen verdickt sind) — also in einer, wenn man chemisch denken will, für katalytische Prozesse besonders günstigen Weise.

berg, Kossel, Zacharias u. a. kann es nicht mehr zweifelhaft sein, wie sich die männliche Zelle in Ehrlich-Biondis Lösung färbt.

Der bei der Befruchtung besonders wichtige Kopfteil des Spermatozoids wird intensiv grün gefärbt, enthält also sehr viel Nuklein, während das Mittelstück und der Schwanz durchaus oxy-chromatisch sind, geradeso wie die Zilien des uns bereits bekannten Infusors oder die Wimperreihen der Kiemen von Anodonta, Cyclas u. s. w.

Der Unterschied zwischen einer befruchtungsbedürftigen weiblichen Zelle und dem Sperma ist also ein ganz auffallender; er ist chemisch fassbar und demonstrierbar, sobald wir nur die Zellen unter die gleichen günstigen Bedingungen stellen. Den deutlichsten Ausdruck findet die Differenz in der völligen Abwesenheit einer bestimmten chemischen Substanz des Nukleins im Ei und in der Anwesenheit desselben im Sperma.

Diese Beobachtung ergibt meiner Ansicht nach zwei Konsequenzen von grosser Tragweite.

Nach dem Gesagten könnte der uns allen geläufige Satz, der übrigens in der neuesten Zeit mehrfachen Anfeindungen ausgesetzt war, das Chromatin sei der Träger der Vererbungsmerkmale, in dieser Allgemeinheit nicht mehr gelten; denn das Basi-chromatin oder Nuklein kann dieser Träger wohl nicht sein, da ja sonst nur väterliche Merkmale vererbt werden könnten oder doch immer dominieren müssten, falls der Eikern infinitesimale Mengen dieser Substanz zurückbehalten sollte. Wir sind vielmehr gezwungen, das Oxy-chromatin des Kerns für die Uebertragung der Vererbungsmerkmale verantwortlich zu machen; die Bedeutung des Nukleins liegt auf einem andern Gebiet: Das Sperma ersetzt durch sein Nuklein die dem Ei fehlende, für vegetative Vorgänge unumgänglich nötige Substanz, deren Eintritt in die Eizelle dieser die Fähigkeit und den Anstoss zum Wachstum bzw. zur Entwicklung erteilt.

Damit stellen wir den Befruchtungsprozess in die Reihe der chemischen und zwar der fermentativen oder enzymatischen Prozesse ein: Das Nuklein spielt die Rolle oder ist wenigstens der *Träger* eines Fermentes (Enzyms), das die vegetativen Prozesse des Wachstums und des Stoffwechsels auslöst.

Unterstützt werden wir in unserer Ueberzeugung durch die bereits bekannte Tatsache, dass die Nukleoproteide die gleichen Löslichkeitsverhältnisse haben wie viele Fermente, so dass man beide Klassen von Körpern häufig gemeinsam erhält. So gewann, nach Cohnheim, Hammarsten aus dem Pankreas das Nukleoproteid und das Trypsin zusammen, Pekelharing, Schumow, Nencki und Sieber aus der Magenschleimhaut oder dem Magensaft ein Nukleoproteid zusammen mit dem Pepsin, Pekelharing aus dem Blut und dem Thymus das Fibrinferment zusammen mit einem Nukleoproteid. Auch die gerinnungsbefördernden Gewebseiweisse der älteren Autoren, das Gewebefibrinogen von Wooldridge, das Cytoglobulin und Präglobulin von Alexander Schmidt gehören hieher. Ebenso haftet die Enterokinase der Darmschleimhaut nach Stassano und Billon an den Nukleoproteiden und Galeotti und Hahn haben in den betr. Nukleoproteiden die Träger der immunisierenden Substanzen der Bakterienleiber gesehen.

Von dem soeben gewonnenen Standpunkte aus bleiben uns die Resultate der experimentellen Entwicklungslehre nicht mehr so rätselhaft, wie dies bis jetzt der Fall war. Wir begreifen z.B., dass man auf künstlichem Wege durch Lösungen, also durch gewisse Ionen tierische Eier zur Entwicklung bringen oder ihnen mindestens den Entwicklungsanstoss geben kann: wie man die saccharifizierende Wirkung des Ptyalin-Fermentes erreichen kann durch gewisse Ionen, so lässt sich auch dass « Befruchtungsferment », wenn diese Bezeichnung für das Nuklein erlaubt ist, durch bestimmte Ionen ersetzen; eventuell vikarisiert das Nuklein artfremden Spermas, wie bei der Befruchtung von See-Igel-Eiern mit dem Sperma von Seesternen, Seelilien oder gar Mollusken.

Nun möchten wir uns aber noch etwas auf botanischem Gebiete umsehen. Im Prinzip stimmen hier die Verhältnisse, soweit ich sie bis jetzt kennen gelernt, mit denjenigen überein, die wir soeben im Tierreich angetroffen haben. Dass die Kerne vegetativer pflanzlicher Gewebe reich sind an Basi-chromatin, ist bereits in Wort und Bild hervorgehoben worden; ich gehe

daher über zu einer kurzen Besprechung der weiblichen und männlichen Geschlechtszellen bzw. Apparate.

In der Archesporzelle von *Lilium candidum* fällt uns sofort der Kern durch seine Armut an Basi-chromatin auf. Nicht dass er ganz frei wäre an dieser Substanz: Ohne dass man das Oxy-chromatin zu lösen braucht, kann man ganz deutlich bescheidene Quantitäten von Nuklein im Kern erkennen. Dass dieselben aber quantitativ sehr zurücktreten, ergibt sich schon aus der Vergleichung des Kernes der Archesporzelle mit den Nuklein der umgebenden vegetativen Zellen. Aehnlich verhält es sich in vielen anderen Fällen bei *Lilium croceum*, *L. Martagon*, *Fritillaria* u. s. w.

Im fertigen Embryosack unterscheiden wir bekanntlich: Eizelle mit Synergiden, I-Endospermkern und Antipoden; es ist nicht ganz leicht, Schnitte durch den ganzen Embryosack zu erhalten. Trotzdem kann ich Ihnen ein Paar Proben vorführen. Sehen wir uns den Embryosack von *Scilla sibirica* an. Im Kern der Ei-Zelle und der Synergiden sind keine nachweisbaren Mengen von Nuklein enthalten, ebensowenig in den Antipoden, die übrigens degeneriert erscheinen. Dagegen beobachtet man ganz deutlich kleinere Mengen von Basi-chromatin im I-Endospermkern, ohne dass bereits das Sperma hier eingedrungen wäre.

In den Kernen der Eizelle der Synergiden und des I-Endospermkerns von *Helleborus* vermag ich ebenfalls kein Nuklein oder nur Spuren desselben nachzuweisen. Dagegen enthalten die Antipodenkerne reichlich von dieser Substanz. Unter Umständen sind diese Antipodenkerne riesig gross. Osterwalder machte bereits bei *Aconitum Napellus* darauf aufmerksam und dann verblüffen sie noch mehr durch ihr Aussehen bei der Färbung in Ehrlich-Biondis Lösung, wie die soeben demonstrierten. Im Embryosack von *Butomus umbellatus* dagegen bemerken wir doch ganz deutlich kleinere Mengen von Nuklein sowohl in dem Kern der Eizelle und der Synergiden wie in dem I-Endospermkern.

Um Ihre Geduld nicht allzu stark in Anspruch nehmen zu müssen, will ich auf weitere Beispiele verzichten. Die andern

Fälle, die ich bis jetzt genauer untersuchte, stimmen mit den zitierten überein. Dagegen darf ich nicht unterlassen, daran zu erinnern, dass Zacharias-Hamburg bei der Untersuchung pflanzlicher Eikerne vor mir zu ähnlichen Resultaten gekommen ist, wie ich sie Ihnen soeben vorgeführt : Bei *Lilium candidum* konnte Zacharias etwas Kern-Nuklein nachweisen ; das nukleinhaltige Gerüst war aber sehr zart und substanzarm verglichen mit den derben nukleinreichen Gerüsten der sonstigen Kerne der Samenknospen. In den Ei-Kernen von *Pteris serrulata* konnte kein Kernnuklein nachgewiesen werden, ebensowenig in Eikernen von *Pinus silvestris*. Der Eikern von *Marchantia polymorpha* enthält nach Zacharias im schärfsten Gegensatz zum Spermakern keine durch das eingeschlagene Verfahren nachweisbare Menge von Kern-Nuklein.

Bis jetzt also habe ich keinen pflanzlichen Embryosack angetroffen, der in allen seinen Teilen nukleinfrei gewesen wäre ; daraus müsste ich konsequenterweise den Schluss ziehen, dass der pflanzliche Eiapparat noch nicht die Stufe der Differenzierung erlangt, wie dies beim Tier der Fall ist. Ein weiblicher Geschlechtsapparat, wie wir ihn bei *Helleborus*, *Leucojum* etc. angetroffen, der selbst bedeutende Mengen von Nuklein führt, ist zur weiteren Entwicklung seines Inhaltes, glaube ich, nicht unbedingt auf einen Anstoss von Aussen angewiesen ; er trägt die Bedingungen zur Zellvermehrung vielmehr in sich und muss dadurch zur spontanen Samenbildung neigen. Die vielen Fälle natürlicher Parthenogenese bei Pflanzen bestätigen, so will mir scheinen, meine Anschauung und ich bin je länger je mehr davon überzeugt, dass der spontane Samenansatz bei Pflanzen eine viel grössere Rolle spielt, als man dies bis jetzt angenommen ¹.

¹ Ich habe in dieser Beziehung bereits eine Reihe von Versuchen an gestellt, auf die ich hier jedoch nicht mehr eintreten kann. Nur kurz möchte ich bemerken, dass z. B. *Amaryllis formosissima* in sämtlichen 20 Blüten, die ich pflegte, dieses Jahr reichlich Samen ansetzte trotzdem entweder der Griffel frühzeitig entfernt worden oder auf der Narbe selbst unter dem Mikroskop keine Spur von Pollen nachgewiesen werden konnte.

Schon Overton (*loc. cit.*) betont, dass er trotz sorgfältig ausgeführter legitimer Bestäubung bei c. 1 Dutzend scheinbar vollkommen normal ausgebildeter Blüten keine einzige Fruchtanlage erhalten habe, während man gelegentlich Individuen antreffe, die spontan Früchte ansetzen.

Wo es aber zur Befruchtung kommt, da sind die eigentlichen männlichen Befruchtungszellen, welche aus den generativen Kernen entstehen, den tierischen Spermatozoiden entsprechend; nur fehlen ihnen die Schwänze, die sie ja auch gar nicht brauchen, weil der Pollenschlauch die pflanzlichen Spermatozoen ja an den Ort ihrer Bestimmung bringt; ob diese übrigens trotzdem eine Eigenbewegung haben, kann ich gegenwärtig nicht entscheiden.

Meine Theorie, mit deren Hilfe ich eine Menge z. T. bekannter, z. T. neuer Tatsachen zusammenzufassen und von einem einheitlichen Standpunkt aus zu betrachten mich erkühnte, wird sich auf eine erhebliche Zahl von Einwänden und Fragen gefasst machen müssen. Nur eine einzige, aber nach meiner Ansicht recht bedeutsame Probe, wollen wir sie heute bestehen lassen.

Welche Vorstellung machen wir uns, nach dem Vorausgehenden, von dem parthenogenetisch sich entwickelnden Ei, von der Zelle also, die ohne einen Anstoss durch das Sperma zu erhalten, sich dennoch zu einem vollständigen Organismus zu entwickeln vermag? Dieses Ei wird vor allem reichlich Nukleïn enthalten müssen, antwortet man mir.

Parthenogenetisch sich entwickelnde Eier finden wir z. B. im Ovarium der Bienenkönigin. Ich habe von verschiedenen grossen thurgauischen Bienenzüchtern schöne Exemplare von Bienenköniginnen erhalten und ihre Eierstöcke sehr sorgfältig präpariert. Unsere Erwartung wird bestätigt: das Ei ist gefüllt mit Nukleïn und es ist im höchsten Grade interessant, eine solche Zelle zu vergleichen mit einem befruchtungsbedürftigen Ei, das in denselben Medien fixiert und gefärbt wurde.

Ganz ähnlich verhält es sich mit den parthenogenetischen Eiern von *Aphis* (z. B. *Aphis alni*).

Wenn also Zacharias mit Recht den scharfen Gegensatz zwischen dem Eikern (einer befruchtungsbedürftigen Zelle) und dem Spermakern hervorhebt, so besteht, wie wir gesehen, derselbe prinzipielle Unterschied auch zwischen den verschiedenen Eiern, den parthenogenetischen und den befruchtungsbedürftigen.

Und ein dritter Fall.

Es gelang mir, in der kleinen Muschel *Cyclas cornea* die ver-

schiedenen Entwicklungsstadien des *Distomum zygmoïdes* Zeder aufzufinden. Die « Keimkörper » der Sporocysten und Redien entwickeln sich bekanntlich ungeschlechtlich zu fertigen Individuen und die Kerne ihrer Zellen enthalten wiederum, wie wir es erwartet, reichlich Nukleïn. Ein Schnitt durch eine Redie, gefärbt in Ehrlich-Biondi, erinnert, durch seinen Reichtum an Basi chromatin weit weniger an die somatischen Gewebe der *Tiere*, als vielmehr an die Gewebe vegetativer Zellen von *Pflanzen*.

Aber auch die *Regeneration* eines Gewebes wird abhängig sein müssen von dem Kernnukleïn seiner Zellen. Die Regenerationsfähigkeit eines Zellkomplexes müsste um so bedeutender sein, je grösser der Gehalt der Kerne des regenerierenden Gewebes an Nukleïn ist; sie müsste verschwinden, falls die Menge des Nukleïns unter einen bestimmten Betrag sinken oder gänzlich verausgabt würde.

Unter diesem Gesichtspunkte betrachtet wären z. B. die verschiedenen Gewebe des menschlichen Körpers sehr verschieden regenerationsfähig. Während z. B. die Leber ein Organ sein müsste, das zufolge des Nukleïngehaltes seiner Zellkerne in hohem Masse regenerationsfähig wäre, käme dem Zentralnervensystem die Fähigkeit der Regeneration nur in sehr bescheidenem Masse oder gar nicht mehr zu. Die Erfahrungen, die wir auf diesen Gebieten bis jetzt gesammelt, bestätigen bekanntlich jene Voraussetzung.

Hochgeehrte Anwesende !

Ich bin am Schlusse meiner Auseinandersetzungen angekommen. Ich habe Theodor Schwann, diesen grossen Denker auf naturwissenschaftlichem Gebiet, an seinem Geburtstage ehren wollen — noch ist es ja nicht zu spät — durch eine ganz bescheidene Tat: Ich wollte die Wege gehen, die *er* seinerzeit ging, um zu sehen, was er vor uns erschaute: die grossartige Einheitlichkeit in der Welt der Organismen. Ihnen aber, hochgeehrte Anwesende, bin ich zu grösstem Danke verpflichtet für die Freundlichkeit, mich auf diesem Wege zu begleiten.
