

3. Die biologische Bedeutung der Nucleolen.

Von Prof. Arthur Meyer, Marburg.

Eingeg. 27. März 1917.

Tierische und pflanzliche Nucleolen sind morphologisch und biologisch gleichwertige Gebilde. Sie bilden eine Gruppe untereinander sehr gleichartiger Ante (ein Ant ist ein nur mikroskopisch sichtbares Massenteilchen). Man hat zwar manchen Nucleolen, z. B. denen von *Spirogyra* oder *Actinosphaerium*, eine Sonderstellung anweisen wollen, aber diejenigen Eigenschaften dieser Kernkörperchen, welche man dafür als maßgebend betrachtete, sind ihnen zu Unrecht zugeschrieben worden. Wir können also sagen: Nucleolen sind Ante der tierischen und pflanzlichen Zellen, welche z. B. den Nucleolen von *Allium cepa* morphologisch, chemisch und biologisch gleichwertig sind.

Über die biologische Bedeutung dieser Ante der Zellen der Organismen ist vielerlei geschrieben, ohne daß eine Theorie allgemeine Geltung gewonnen hätte. Ich habe bei Bearbeitung des Kapitels über die Nucleolen für mein Buch »Morphologische und physiologische Analyse der Zelle der Pflanzen und Tiere«, vorzüglich auf botanische Tatsachen gestützt, eine Anschauung über die biologische Bedeutung der Kernkörperchen gewonnen, über welche ich auch hier ein paar Worte berichten möchte. Manche Zoologen und Anatomen, z. B. Flemming, Leydig, Rohde (1902) haben die Nucleolen für Organe der Zelle erklärt, also für z. B. den Zellkernen biologisch ähnliche Gebilde, aber im allgemeinen ist man wohl jetzt der Überzeugung, daß sie ergastische Ante seien, wie das schon Korschelt 1891 betonte.

In der Tat sind die Nucleolen rein ergastische Ante, die im Zellkern völlig neu gebildet und vollständig gelöst werden. Sie bestehen aus Eiweißstoffen, welchen unter den makrochemisch bekannten Eiweißstoffen die Nucleoproteide mikrochemisch am meisten gleichen. Es ist wahrscheinlich, daß die Eiweißstoffe, welche die verschiedenen Nucleolen zusammensetzen, einer chemischen Gruppe angehören, wenn sie wohl auch unter sich so verschieden sein können wie z. B. die Globoide der verschiedenen Samen. Einstweilen wollen wir die Eiweißstoffe der Nucleolen bis zur makrochemischen Klärung ihrer Natur als Kernkörpereweisse bezeichnen. In den Nucleolen bilden die Kernkörpereweisse eine zähflüssige Tröpfchengallerte, in der häufig »Höhlchen« (Vacuolen) gebildet werden.

Die Nucleolen liegen in den Kernen genau so als isolierte Fremdkörper wie die Stärkekörner in den Trophoplasten.

Wohl deshalb, weil sie nur in seltenen Fällen im Zellkerne fehlen, hat man sich gewöhnt, die Nucleolen als sehr eng zum Kern gehörige Gebilde zu betrachten, und man hat nicht daran gedacht, ihre Beziehung zum Kerne in ähnlicher Weise aufzufassen wie die der nur wenigen Kernen zukommenden Eiweißkristalle oder wie die Beziehung der häufiger in den Trophoplasten vorkommenden Stärkekörner zu diesen. Man glaubte vielfach, die Nucleolen hätten nur Bedeutung für den Kernteilungsprozeß, und da man sie oft während des Kernteilungsprozesses verschwinden sah und mehrfach fand, daß die Färbbarkeit mancher Kernbestandteile bei der Kernteilung zunahm, während gleichzeitig die Färbbarkeit der zugehörigen Nucleolen abnahm, oder daß sich die Chromosomen bei gewissen Färbeverfahren ähnlich wie die Nucleolen färbten, hat man vielfach angenommen, die Substanz der Nucleolen sei ein Bildungsstoff für Bestandteile der Kernteilungsfigur. So haben z. B. Strasburger, Andrews, Gardner, Rhumbler, Hertwig, Korschelt gemeint, die gelöste Substanz der Nucleolen würde zum Aufbau der Chromosomen, Strasburger, Swingle, Fairchild, sie würde zum Aufbau der Spindelfasern verbraucht.

Demgegenüber findet sich auch bei Strasburger die Meinung ausgesprochen, das Kernkörperweiß beteilige sich an der Bildung der Zellmembran, eine Meinung, die schon aus phytochemischen Gründen abzuweisen ist. Ferner hat der Zoolog Haecker die Hypothese aufgestellt, aber nicht zureichend begründet, das Kernkörperweiß sei ein Secret, Excret, Abspaltungsprodukt des Stoffwechsels der Zelle.

Bezüglich der Hypothesen, daß das Kernkörperweiß zum Aufbau der Spindelfasern oder der Chromosomen bestimmt sei, ist zu bemerken, daß wir noch nicht einmal wissen, ob dasselbe beim Aufbau der Kernteilungsfigur überhaupt Verwendung findet. Wir sehen nur, daß die Nucleolen manchmal schon im Anfange des Kernteilungsprozesses, manchmal später verschwinden, ja manchmal erst nach Beendigung des Kernteilungsprozesses völlig gelöst werden. Wenn man das nach den vorliegenden Tatsachen Wahrscheinliche annimmt, daß der Kern allein die Nucleolen zu vergrößern vermag, das Cytoplasma ihnen kein Kernkörperweiß anzulagern vermag, so sprechen Fälle, in denen der Nucleolus nach der Kernteilung in einer Größe im Cytoplasma liegen bleibt, die der der Nucleolen des ruhenden Kernes nahe kommt (z. B. *Pyronema*), dafür, daß das Kernkörperweiß nicht allein für den Kernteilungsprozeß bestimmt ist und bei ihm höchstens in geringer Menge verbraucht wird.

Hingegen spricht das Verhalten der Nucleolen in Geweben, in

denen allgemeiner Mangel an Reservestoffen herrscht, dafür, daß dem Kernkörperweiß eine viel allgemeinere Bedeutung für die Ökonomie der Zelle zukommt. Dort werden sie nämlich in ähnlicher Weise gelöst und verbraucht wie Eiweißkristalle der Kerne, Trophoplasten und des Cytoplasmas oder wie Stärkekörner der Trophoplasten.

Schon Zacharias fand, daß sich das Verschwinden der Nucleolen in den Laubblättern von *Galanthus* durch Verdunkeln der Blätter beschleunigen ließ. Kiehn hat den Vorgang genauer und messend verfolgt. Ein normales, 60 cm langes Laubblatt einer Topfpflanze von *Galtonia candicans*, welche vom 25. Mai bis 1. Juli herangewachsen war, wurde auf die Größe seiner Nucleolen untersucht. Zwei ähnliche Pflanzen wurden in den Dunkelschrank gestellt und ein Blatt der einen nach 36 Tagen, eins der andern nach zweimonatiger Verdunkelung untersucht. Die durchschnittlichen Volumen der Nucleolen der 3 Blätter verhielten sich wie 1,0 : 0,38 : 0,18.

Lukjanow fand auch für tierische Zellen, daß die Nucleolen beim Hungern schneller an Größe abnehmen als die Kerne.

Daß das Kernkörperweiß genau so wie das Eiweiß der Eiweißkristalle oder die Amylose der Stärkekörner in Reservestoffbehältern abgelagert wird, dafür spricht der folgende Versuch, welcher in diesem Sommer zur Gewinnung einwandfreier Durchschnittszahlen mit einer größeren Zahl von Versuchspflanzen wiederholt werden soll.

Wir untersuchten die Durchschnittsgröße der Nucleolen 1) in der zweitäußersten Laubblattbasis einer im vollen Wachstum begriffenen Pflanze von *Galtonia* am 1. Juli, ferner 2) die entsprechende Zwiebelchuppe einer in den Ruhezustand übergehenden Pflanze am 6. November, zuletzt 3) die analoge Laubblattbasis einer völlig ruhenden Zwiebel im Dezember. Am geringsten war das Gesamtvolumen der Nucleolen einer Zelle in 1), am größten in 3). Im unteren Teile des centralen Parenchyms der Blattbase waren die Größen z. B. 1) 15 Kubikmikromillimeter, 2) 30 Kubikmikromillimeter (Zunahme gegen 1) 100 %), 3) 34 Kubikmikromillimeter (Zunahme 126 %).

Auch gelöst werden die Nucleolen in Reservestoffbehältern genau so wie andre Reservestoffante bei der Entleerung der Reservestoffbehälter. So fand Kiehn, daß die Nucleolen im mittleren Teile des Endospermgewebes des keimenden Samens von *Galtonia* sich folgendermaßen verhielten. Die Nucleolen eines Kernes des ruhenden Endosperms besaßen durchschnittlich ein Gesamtvolumen von 56 Kubikmikromillimeter; 10 Tage nach Aussaat der Samen, als noch Reservestoffkohlehydratlamellen und Aleuronkörner vorhanden waren, war ihr Gesamtvolumen schon bis auf 13 Kubikmikromillimeter ge-

sunken, und nach 17 Tagen lagen in gut erhaltenen Kernen durchschnittlich nur noch 2,7 Kubikmillimeter Kernkörperweiß.

Wie in den mit lebenskräftigen Geweben verbundenen absterbenden Zellen aus Kohlehydraten und Fetten bestehende Ante gelöst werden, so werden auch die Nucleolen dort vor der Degeneration der Kerne in Lösung gebracht. Beobachtet ist eine solche Auflösung der Nucleolen von Rosen in der Wurzelhaube, von Kiehn in den Zellen der sich differenzierenden Gefäße, von Zacharias und Kiehn in absterbenden Laubblättern, von Kiehn in Kronenblättern usw.

Wahrscheinlich wandern überall auch die Lösungsprodukte des Kernkörperweißes nach den lebenden Geweben aus.

Nach alledem dürfen wir wohl den Satz aussprechen: Die Nucleolen sind ebenso Reservestoffante wie z. B. die Stärkekörner oder die Eiweißkristalle.

Was bei diesen Reservestoffanten der Kerne besonders auffällt, ist ihr regelmäßiges Vorkommen in den Kernen. Es ist nicht sicher, ob ein andres Reservestoffant in ähnlicher Konstanz in einem Organ der Zelle zu finden ist. Vielleicht sind die Allinante und die Fettropfen ähnlich allgemein im Cytoplasma anzutreffen.

Dennoch sind die Nucleolen für das Leben des Kernes nicht unbedingt nötig. Das zeigen uns mit Sicherheit die Fälle, in denen dem lebenden Kerne Nucleolen völlig fehlen.

Kiehn beobachtete bei *Galtonia* Kerne, welche reichlich Eiweißkristalle und dafür keine Nucleolen besaßen. Bei einem tierischen Objekt, den Eiern von *Melamphaes*, sah Jörgensen sich die Nucleolen während des Kernwachstums im Ei vollständig lösen, so daß der Kern während der noch folgenden langen Wachstumsperiode des Eies ohne Nucleolus lebte. Němec sah, daß in Kernen, welche er durch Plasmolyse zur Rekonstruktion gezwungen hatte, manchmal keine Nucleolen entstanden. Ganz allgemein fehlen Nucleolen relativ hoch entwickelten männlichen Geschlechtszellen, also z. B. allen Spermatozoiden.

Es mag übrigens hier noch darauf hingewiesen werden, daß das Fehlen der Nucleolen in den Spermatozoiden durchaus im Einklang mit unsrer Auffassung der Nucleolen als Reservestoffante steht, da sich diese bekanntermaßen aller solcher Ante, ja sogar der rein trophische Bedeutung besitzenden Trophoplasten entledigen.

Auch die Tatsache, daß die Nucleolen tierischer dotterarmer Eier ein relativ kleines, dotterreicher ein relativ großes Gesamtvolumen von Kernkörperweiß zu besitzen pflegen, kann als Stütze unsrer Anschauung dienen.

Der Nucleolus ist also ein Reservestoffant, welches ebenso wie das allein in den Trophoplasten wachsende Stärkekorn, nicht allein für den Trophoplasten, sondern für die ganze Zelle von Bedeutung ist, auch nicht allein für den Kern, sondern für den ganzen Protoplasten gebraucht wird. Das Kernkörperweiß ist dabei von so großer Bedeutung für den Protoplasten, daß es jederzeit in größerer Menge im Kern abgelagert dem Protoplasten zur Verfügung gestellt wird. Dabei scheint es, wie aus dem folgenden hervorgeht, in besonders großem Maße beim Wachstumsprozeß der Protoplasten verbraucht zu werden.

Rosen und Kiehn fanden nämlich, daß im jungen Epiblem, da, wo noch Teilung der Zellen stattfand, die Nucleolen langsam heranwachsen, dann in den wachsenden Zellen an Größe abnehmen. Ferner sah Strasburger beim Wachstum des Endosperms die Nucleolen kleiner werden. Kiehn hat die durchschnittliche Abnahme des Gesamtvolumens des Kernkörperweißes im wachsenden Endosperm von *Galtonia* messend verfolgt. Er fand folgende Zahlen:

| | | |
|---|-----|----------------------|
| Junger, vielkerniger Protoplast . . . | 52 | Kubikmikromillimeter |
| Vielkerniger Protoplast, unmittelbar vor Bildung der Zellwände | 101 | - |
| Unmittelbar nach Bildung der Zellwände | 75 | - |
| Kurz vor Beendigung der Zellteilung im Endosperm | 65 | - |
| Im ruhenden Endosperm | 56 | - |

Es zeigt sich also deutlich, daß das Kernkörperweiß vor der Gewebebildung angehäuft wird, während der Gewebebildung und während des Heranwachsens der Protoplasten nicht mehr in so großer Menge abgelagert wird, vermutlich weil der Verbrauch fortgesetzt ein relativ großer ist.

Es ist danach zu vermuten, daß auch bei dem geringen Wachstum des Protoplasten, welches während der Kernteilung stattfindet, und vielleicht auch bei Ausbildung der Kernteilungsfigur geringe Mengen von Kernkörperweiß verbraucht werden.

Genauer zu untersuchen wäre auch noch das Verhalten der Nucleolen in tierischen Secretzellen. Dort ist die Menge der Nucleolarsubstanz in den arbeitenden und wachsenden Zellen relativ groß, in den entleerten Zellen relativ klein.

Aber das Kernkörperweiß ist nicht nur für die wachsende Zelle von Bedeutung, sondern auch für die ausgewachsene arbeitende. Das zeigt uns wohl das ständige Vorhandensein von Nucleolen in den Ganglienzellen der Tiere an.

Die Nucleolen wachsen in den jungen Kernen der Gewebezellen sofort nach deren Entstehung beim Kernteilungsprozeß heran. Ob zu ihrer Bildung Lösungsprodukte des Kernkörperweißes des Mutterkernes Verwendung finden, weiß man nicht, doch scheint es fast, als sei es nicht der Fall, da die Bildung der Nucleolen in den Tochterkernen ebenso vor sich geht, wenn der Nucleolus des Mutterkernes nicht gelöst wurde, wie wenn er vollständig gelöst wurde. Es könnte ja sein, daß alles Kernkörperweiß im Kern aus kleineren Bausteinen aufgebaut würde, wie die Amylose aus den Monosacchariden in den Trophoplasten. Es fragt sich überhaupt, ob das Kernkörperweiß als solches gelöst werden kann. Es ist wahrscheinlich, daß seine Lösung stets unter mehr oder weniger weitgehender Spaltung des Moleküls des Kernkörperweißes erfolgt. Es ist sehr möglich, daß das Kernkörperweiß nur im Kern existenzfähig ist, ähnlich wie die Amylose, wie sie in den Mikrokristallen der Stärkekörner vorkommt, nur in der Zelle in den Trophoplasten beständig ist. Gelangt die Amylose in das Cytoplasma, so wird sie ebenso gelöst wie das in das Cytoplasma gelangende Kernkörperweiß, und sie wird dabei gespalten, wie man das auch vom Kernkörperweiß erwarten kann.

Gewöhnlich bilden sich in den jungen Kernen zugleich oder kurz nacheinander mehrere Nucleolen, welche dann bis zur Vollendung des Wachstums der Kerne verschmelzen. Im ruhenden Kerne werden, wie wir sahen, die Nucleolen je nach den Verhältnissen durch Lösung oder Anlagerung von Substanz verkleinert oder vergrößert. Beim Eintreten des Teilungsprozesses eines Kernes werden sie stets mehr oder weniger angegriffen. Sind mehr oder weniger große Reste von ihnen noch in der Anaphase der Kernteilung vorhanden, so gelangen sie, ganz ebenso wie Reste der gewöhnlich auch in Lösung gehenden Eiweißkristalle der Zellkerne in das Cytoplasma und werden dort ebenso wie Eiweißkristalle gelöst.

Es wäre nicht unmöglich, daß die frühzeitige Lösung der Eiweißkristalle und Nucleolen des Zellkernes deshalb vorteilhaft wäre, weil beide Gebilde vielleicht bei der Ausbildung und Bewegung der Kernteilungsfigur stören.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Zoologischer Anzeiger](#)

Jahr/Year: 1917

Band/Volume: [49](#)

Autor(en)/Author(s): Meyer Arthur

Artikel/Article: [Die biologische Bedeutung der Nucleolen. 309-314](#)