



LUND UNIVERSITY

Ueber Kinoplasmatische Verbindungsfäden Zwischen Zellkern und Chromatophoren

Lidforss, Bengt

Published in:
Lunds universitets årsskrift. Andra avdelningen

1908

[Link to publication](#)

Citation for published version (APA):
Lidforss, B. (1908). Ueber Kinoplasmatische Verbindungsfäden Zwischen Zellkern und Chromatophoren. *Lunds universitets årsskrift. Andra avdelningen*, 4(1), 3-38.

Total number of authors:
1

General rights

Unless other specific re-use rights are stated the following general rights apply:
Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

Read more about Creative commons licenses: <https://creativecommons.org/licenses/>

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

LUND UNIVERSITY

PO Box 117
221 00 Lund
+46 46-222 00 00

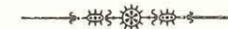
LUNDS UNIVERSITETS ÅRSSKRIFT. N. F. Afd. 2. Bd 4. Nr 1.
KONGL. FYSIOGRAFISKA SÄLLSKAPETS HANDLINGAR. N. F. Bd 19. Nr 1.

UEBER

KINOPLASMATISCHE VERBINDUNGSFÄDEN ZWISCHEN
ZELLKERN UND CHROMATOPHOREN

VON

BENGT LIDFORSS



LUND 1908
HÅKAN OHLSSONS BUCHDRUCKEREI

Mit den folgenden Zeilen beabsichtige ich einen kleinen Beitrag zur Morphologie der Pflanzenzelle zu liefern. Es handelt sich um gewisse Differenzierungen in den Protoplasten vegetativer Zellen, welche nicht selten, wenigstens teilweise, intra vitam gut sichtbar sind, die aber bei Behandlung mit den meisten üblichen Fixirmitteln entweder gar nicht oder doch nur in mehr oder weniger destruiertem Zustande konserviert werden. Die betreffenden Differenzierungen präsentiren sich als eine Art Verbindungsfäden zwischen Zellkern und Chromatophoren, und zwar erscheinen sie entweder als direkte *Kernfortsätze*, die als feine Ausläufer des in diesem Falle meistens bipolaren Kernes das Cytoplasma durchsetzen, oder sie sind Ausläufer *der Kernmembran*, die als eine erythrophile Hülle die grösstenteils kyanophile Grundmasse des Kernes umgiebt. In beiden Fällen würde man also diese Gebilde nach der STRASBURGERSCHEN Terminologie als *kinoplasmatische Fasern* bezeichnen.

Die betreffenden Structurverhältnisse fesselten meine Aufmerksamkeit schon von Jahren, als ich plasmolytische Bestimmungen mit den chloroplastführenden Epidermiszellen verschiedener wintergrünen Pflanzen vornahm. Bei scharfer Einstellung konnte ich bei *Pyrola*, *Bellis*, *Aucuba* u. s. w., in vielen Fällen, besonders wenn die Protoplasten ein wenig beschädigt waren, direkt sehen, wie sich der Kern — meistens bipolar, aber stellenweise auch seitlich — in Ausläufer fortsetzte, welche teilweise blind im Hyaloplasma zu endigen schienen, teilweise aber mit den Chloroplasten in Verbindung traten. Auch konnte man unter Umständen recht deutlich wahrnehmen, wie die Chloroplasten in solchen Zellen durch dünne Fäden mit einander in Verbindung standen. Als ich aber versuchte, diese Verbindungsfäden durch Überführung der Schnitte in abs. Alkohol zu fixiren, misslang dies in der Regel vollständig: die Fäden schrumpften zusammen und wurden bald bis zur Unkenntlichkeit desorganisirt. Nicht viel besser erwiesen sich die anderen in der botanischen Mikrotechnik eingebürgerten Fixirungsmittel; sogar das FLEMMINGSche Gemisch versagte in den meisten Fällen, so dass ich die allmähliche Auflösung und Desorganisation der während der ersten Sekunden oder Minuten sehr deutlich sichtbaren Verbindungsfäden verfolgen konnte. Meistens konnte ich dann auch die Wahrnehmung machen, dass der im lebenden Zustande längliche, bipolar zugespitzte Zellkern sich zu einem rundlich-ovalen, grobgranulirten und von einer scharf abgesetzten Membran umgebenen Körper verwandelte.

Nur durch kurze Behandlung mit *Osmiumsäuredämpfen*, deren vorzügliche Wirkung ich vorher an Pollenschläuchen kennen gelernt hatte, und durch nachträgliche Überführung in steigenden Alkohol war es möglich, die betreffenden Strukturen postmortal einigermaßen zu erhalten. In dieser Weise ist es mir in den meisten der untersuchten Fälle gelungen, ziemlich gute Resultate zu bekommen. Indessen beschränkt sich meine Untersuchung auf eine verhältnismässig geringe Anzahl von Gefässpflanzen, die allerdings ohne Auswahl den verschiedensten Familien entnommen sind und deshalb eine ziemlich adäquate Vorstellung von den einschlägigen Verhältnissen geben dürften. Bevor ich zur Besprechung der von mir angewandten Fixierungsmethode und der in dieser Weise gewonnenen Resultate übergehe, dürfte es angemessen sein, die in der Litteratur nach dieser Richtung hin vorhandenen Angaben, sofern sie sich auf die vegetativen Zellen der höheren Pflanzen, an dieser Stelle zu berücksichtigen.

Dass der Zellkern durch besondere, gegen das übrige Cytoplasma abgegrenzte Kinoplasmafäden mit dem Hyaloplasma in Verbindung stehe, hat STRASBURGER schon vor mehreren Jahren *vermutungsweise* ausgesprochen¹⁾, ohne indessen diese Hypothese durch cytologische Befunde stützen zu können. Eine reale Basis gewann die von STRASBURGER geäusserte Vermutung eigentlich erst durch die Beobachtungen MIEHE's an Epidermiszellen von *Hyacinthus orientalis*²⁾. An Material, das mit FLEMMINGScher Flüssigkeit fixirt und mit dem Safranin-Gentianaviolett-Gemisch gefärbt war, konnte MIEHE feststellen, dass der Zellkern dieser Zellen meistens in 3—4 Zipfel ausgezogen ist, in denen zunächst noch chromatische Nukleinkörnchen zu bemerken sind, so dass sie sich noch als zum Kern gehörig erweisen; allmählich werden jedoch, in dem Masse als sich die Zipfel verlängern, die Körnchen seltener, bis schliesslich in den Fäden gar keine mehr enthalten sind, der Kern also unmerklich in die kinoplasmatischen Fasern übergegangen ist. MIEHE stellte ausserdem fest, dass diese Fasern bis zur Hautschicht verlaufen, und dass die spindelförmige Gestalt des Zellkerns bei der allmählichen Streckung der Zelle als Zwangsform zustande kommt; deshalb nennt er die Fäden »kinoplasmatische Aufhängefäden«.

Es lässt sich kaum bezweifeln, dass entsprechende Gebilde auch von älteren Autoren gelegentlich beobachtet worden sind. Besonders hat HABERLANDT in seiner vor zwanzig Jahren erschienenen Arbeit »Über die Beziehungen zwischen Function und Lage des Zellkernes bei den Pflanzen«³⁾ einige Bilder (Taf. I Figg. 58 und 59.) mitgeteilt, die sich offenbar auf ähnliche Strukturverhältnisse wie die von MIEHE geschilderten beziehen, die aber nach HABERLANDT's Ansicht nicht auf einem activen Gestaltungsstreben des Kernes beruhen, sondern auf »einer Wirkung der passiven Zerrungen, welche die zähflüssige Kernmasse seitens des strömenden Plasmas

¹⁾ STRASBURGER, Ueber Cytoplasmastrukturen, Kern- und Zellteilung, Jahrb. f. wiss. Botanik, Bd. XXX p. 384.

²⁾ H. MIEHE, Histologische und experimentelle Untersuchungen über die Anlage der Spaltöffnungen einiger Monokotylen, Bot. Centralblatt Bd. LXXVIII (1899).

³⁾ Jena 1887.

erfährt«. HABERLANDT meint deshalb, dass jene Abweichungen von der typischen Form der pflanzlichen Zellkerne mit deren Function in keinem Zusammenhange stehe¹⁾.

Aus den letzten zehn Jahren, die seit der Veröffentlichung der MIEHE'schen Arbeit verflossen sind, liegen nur wenige Angaben vor, die mit den uns interessirenden Structurverhältnissen in Verbindung gebracht werden könnten. In den Embryosackmutterzellen verschiedener *Liliacéen* beobachteten MOTTIER²⁾ und BOUIN³⁾ eigentümliche fädige Differenzirungen im Cytoplasma, welche entweder eine Art Filz resp. eine dichtere Zone im Umkreis des Kerns bildeten, oder als deutlich sichtbare Massen von dicken fast parallel verlaufenden oder in mehreren Richtungen ausstrahlenden Fäden hervortraten. Ähnliche cytoplasmatische Structuren soll DIXON bei *Lilium longiflorum* beobachtet haben, obwohl er sie als Spindeln angesehen hat, was sie nach MOTTIER sicherlich nicht sind. Offenbar handelt es sich in diesen Fällen um solche kinoplasmatische Structuren, welche ich besonders schön bei *Tulipa silvestris* und anderen *Liliacéen* beobachtet habe⁴⁾ und die schon vorher von GUIGNARD und ROSEN⁵⁾ bei verschiedenen *Liliacéen* gesehen wurden. Ob diese in Embryosackmutterzellen und meristematischen Geweben temporär auftretenden Differenzirungen mit den in dieser Arbeit beschriebenen Structuren homologisirt werden können, wage ich nicht zu entscheiden, halte es aber nicht für unwahrscheinlich; u. A. könnte der Umstand, dass die betreffenden fädigen Structuren in den Embryosackmutterzellen — wenigstens in den von mir untersuchten Fällen — nur mit Osmiumsäurehaltigen Fixirmitteln (FLEMMINGS Gemisch) erhalten werden, für eine derartige Annahme sprechen. Auch die von JUEL⁶⁾ in den Embryosackmutterzellen von *Larix sibirica* beschriebenen faserigen Plasmapartien gehören, wie der Autor selbst hervorhebt, offenbar in dieselbe Kategorie wie die von MOTTIER, BOUIN und DIXON beobachteten Structuren.

In allen diesen Fällen handelt es sich von faserigen Structuren im Cytoplasma, die meistens gewisse lokale Beziehungen zum Zellkern resp. zur Kernmembran zeigen, die aber nicht als Kernfortsätze oder Ausläufer von Zellkern aufgefasst werden können. Das nämliche gilt auch von der Mehrzahl der von NEMEC⁷⁾ beschriebenen »reizleitenden Structuren«, die, wenigstens nach dem Text und den Abbildungen zu urteilen, des öfteren mit dem Kern in Berührung treten,

¹⁾ l. c. p. 126.

²⁾ MOTTIER, Ueber das Verhalten der Kerne bei der Entwicklung des Embryosacks und die Vorgänge bei der Befruchtung, Jahrb. f. wiss. Botanik Bd. XXXI p. 126.

³⁾ Ref. Botan. Centralblatt Bd. LXXX p. 225—226 (von NEMEC).

⁴⁾ LIDFORSS, Zur Physiologie des pflanzlichen Zellkernes, Acta Reg. Soc. Physiograph. T. VIII (1897) p. 10 u. ff.

⁵⁾ Vgl. ROSEN, Beiträge zur Kenntnis der Pflanzenzellen III, Cohns Beiträge zur Biol. der Pflanzen Bd. VII S. 249 ff. und die dort citirte Litteratur.

⁶⁾ JUEL, Beiträge zur Kenntnis der Tetradenteilung, Jahrb. f. wiss. Botanik, Bd. XXXV p. 634.

⁷⁾ NEMEC, Die Reizleitung und die reizleitenden Structuren bei den Pflanzen, Jena 1901.

im allgemeinen aber nicht Kernfortsätze im Sinne MIEHE's darstellen. Nach NEMEC sollen diese Gebilde, die im Plasma der meristematischen Zellen in der Nähe der Vegetationspunkte besonders stark ausgebildet sind, aus zahlreichen homogenen Fäden zusammengesetzt sein, die von einer dichten granulären Plasmascheide eingehüllt sind; letztere reagiert nach NEMEC kyanophil, während die homogene Fibrillen-Substanz erythrophil erscheint. Nach HABERLANDT, welcher die betreffenden Strukturen zunächst für Kinoplasmafäsern im Sinne STRASBUGERS gehalten hatte¹⁾, sind die NEMEC'schen Plasmafibrillen identisch mit den schon von anderen Forschern beschriebenen längsfaserigen Strukturen strömenden Plasmas, also nicht kinoplasmatisch²⁾. Nach dem KOERNICKE³⁾ kurz darauf erklärt hatte, dass »eine Anzahl in den cytologischen Untersuchungsmethoden sehr bewanderter Forscher nicht imstande war, in ihren Präparaten Plasmafibrillen in der Ausbildung wie sie NEMEC beschreibt und abbildet, zu erhalten«, scheint man im Allgemeinen über die NEMEC'schen Fibrillen zur Tagesordnung übergegangen zu sein. Ich werde in Folgenden auf diese Verhältnisse zurückkommen, glaube aber schon jetzt hervorheben zu sollen, dass ich die Richtigkeit der HABERLANDT'schen Deutung für die von ihm untersuchten Objekte keineswegs bezweifle, dass es aber unter den von NEMEC untersuchten Fällen einige giebt, wo es sich tatsächlich um kinoplasmatische Kernausläufer handelt, die mit den von MIEHE für *Hyacinthus* beschriebenen homolog sind, und die also auch zu der in dieser Arbeit behandelten Kategorie von Gebilden gehören. Dagegen muss ich dahingestellt lassen, ob die eigentümlichen amöboid-ähnlichen Kernfortsätze, welche W. MAGNUS⁴⁾ in den pilzverdauenden Zellen bei *Neottia* und K. SHIBATA⁵⁾ in den entsprechenden Elementen bei *Psilotum* entdeckt haben, mit den uns interessierenden Gebilden verwandt sind.

In allen diesen Fällen handelt es sich aber um faserige Differenzierungen, die eventuell mit dem Kern oder mit dem Hyaloplasma oder mit beiden in Verbindung stehen, die aber keine Beziehungen zu den Chromatophoren besitzen. Über morphologische Beziehungen zwischen dem Zellkern und den Chromatophoren sind die Angaben sehr spärlich, und die wenigen, welche vorhanden sind, finden sich fast ausschliesslich in der älteren Litteratur aus der — sit venia verbo — vormikrotomischen Zeit. So hat schon PRINGSHEIM⁶⁾ gesehen, dass bei den *Spirogyren* die vom Zellkern ausstrahlenden Plasmafäden sich mit ihren Enden stets an

¹⁾ HABERLANDT, Ueber Reizleitung im Pflanzenreich, Biolog. Centralblatt Bd. XXI, 1901, S. 369 ff. Dagegen NEMEC, Die Bedeutung der fibrillären Strukturen bei den Pflanzen, Biolog. Centralbl. Bd. XXI, S. 529 ff.

²⁾ HABERLANDT, Ueber fibrilläre Plasmastrukturen, Ber. d. deutsch. bot. Gesellsch. Bd. XIX, 1901, S. 569 ff.

³⁾ M. KOERNICKE, Der heutige Stand der pflanzlichen Zellforschung, Ber. d. deutsch. Bot. Gesellsch. Bd. XXI, 1903, S. (80—81).

⁴⁾ W. MAGNUS, Studien an der endotrophen Mycorrhiza von *Neottia nidus avis*, Jahrb. f. wiss. Botanik, Bd. XXXV (1900).

⁵⁾ K. SHIBATA, Cytologische Studien über die endotrophen Mycorrhizen, Jahrb. f. wiss. Botanik, Bd. XXXVII (1902).

⁶⁾ Jahrb. f. wiss. Botanik, Bd. XII, S. 304, Taf. XXIV, Fig. 4.

die Amylumherde der Chlorophyllbänder ansetzten. Dass »lokale Beziehungen« zwischen den Kernen und Chromatophoren in gewissen Fällen vorhanden sind haben auch SCHIMPER¹⁾ und SCHMITZ betont, ohne indessen morphologische Beziehungen namhaft zu machen. Erst bei HABERLANDT findet man für die höheren Pflanzen Angaben, welche den von PRINGSHEIM für *Spirogyra* gemachten entsprechen, aber auch hier handelt es sich nur um einen bestimmten, allerdings sehr bemerkenswerten Einzelfall. In der zweiten Auflage seiner Physiologischen Pflanzenanatomie (von 1896) giebt HABERLANDT eine schöne Abbildung von einer peripher gelegenen Parenchymzelle einer ergrünenden Kartoffelknolle, wo vom Kern aus feine Plasmafäden nach den Chloroplasten hinausstrahlen; in der letzten Auflage der Physiologischen Pflanzenanatomie (1904) wird dieselbe Figur wieder reproduziert²⁾ und die betreffenden, übrigens nur gelegentlich beobachteten Strukturverhältnisse mit denjenigen bei *Spirogyra* verglichen; dagegen wird von analogen Befunden bei höheren Pflanzen nichts erwähnt.

Wie ich im Folgenden zu zeigen versuchen werde, sind diese von HABERLANDT gesehenen gegen die Chloroplasten hinausstrahlenden Plasmafäden insofern den MIEHE'schen »Aufhängefasern« homolog, als sie tatsächlich direkte Fortsätze der Kernmembran darstellen und in ihrem Verhalten gegen Farbstoffe auch mit der Kernwandung übereinstimmen; ausserdem finden sich in der Hyacinthenzwiebel sehr schön ausgebildete Verbindungsfäden, die einerseits mit den in den Epidermiszellen vorhandenen kinoplasmatischen Fasern, andererseits mit den von HABERLANDT in der Kartoffel beobachteten Plasmafäden übereinstimmen. Übrigens ist es sicher kein Zufall, dass wir die wenigen diesbezüglichen Angaben in erster Linie HABERLANDT verdanken; dies beruht vermutlich nicht nur auf der anerkannten Beobachtungsgabe dieses Forschers, sondern auch darauf, dass HABERLANDT zu den nicht besonders zahlreichen Phytotomen gehört, die nicht ausschliesslich mit Mikrotom arbeiten. Die zarten Strukturverhältnisse, auf die es hier ankommt, ertragen nämlich in vielen Fällen gar nicht die Paraffineinbettung, auch wenn dieselbe mit möglichster grösster Vorsicht vorgenommen wird, und auch da, wo dies Verfahren angewendet werden kann, erhält man in der Regel ohne Mikrotom und Paraffineinbettung die besten Resultate³⁾.

Schliesslich erlaube ich mir die Bemerkung dass, die in WARMING-JOHANNSEN'S Lehrbuch der allgemeinen Botanik S. 125 vorhandene Angabe, nach welcher »von der Kernwandung oft strangartige Fortsätze ausgehen welche gleichsam den Kern

¹⁾ SCHIMPER, Untersuchungen über Chlorophyllkörper etc., Jahrb. f. wissensch. Botanik Bd. XVI p. 205—210, wo auch die von SCHMITZ erwähnten Fälle berücksichtigt werden. Vgl. auch HABERLANDT, Function und Lage des Zellkernes p. 117—122.

²⁾ l. c. p. 241.

³⁾ Selbstverständlich liegt es dem Verfasser vollständig fern, mit diesen Worten irgendeiner mikrotomfeindlicher Gesinnung Vorschub leisten zu wollen; es handelt sich nur um gewisse konkrete Fälle, wo die Mikrotomtechnik sich weniger geeignet erweist.

mit den äusseren Hautschichten des Cytoplasma oder mit verschiedenen anderen besonderen Organen in der Zelle z. B. den Chromatophoren verbinden» sich im letzten Punkte, wie auch im Text des Lehrbuchs angedeutet wird, auf Kenntnisnahme einiger von meinen Präparaten gründet, die ich schon vor etwa sieben Jahren den dänischen Forschern bei einem gelegentlichen Besuche in Lund demonstrieren konnte.

Nach dieser vorläufigen Orientierung werde ich zuerst die von mir benutzte Fixierungsmethode mitteilen und dann die in dieser Weise gemachten speciellen Beobachtungen vorlegen.

Methodisches.

Die von mir mit grossem Vorteil benutzte Fixierungsmethode ist sehr einfach und gestaltet sich folgendermassen. Dünne, aus der Hand gemachte Schnitte werden mit der Pincette angefasst und 5—15 Sekunden unmittelbar oberhalb einer 2-prozentigen Osmiumsäurelösung gehalten. Am besten macht man dies in einer nur zur Hälfte mit Flüssigkeit gefüllten Flasche, die während der Operation horizontal oder schief gehalten wird. Dann werden die Schnitte rasch in 10-prozentigen Alkohol gebracht und mit Intervallen von anfangs 2—5 Minuten, später von etwas längerer Dauer in 15—20—25—30-prozentigen u. s. w. bis zum absoluten Alkohol hinauf, wo sie schliesslich 12—24 Stunden verweilen. Nach erfolgter Härtung werden die Schnitte wieder durch niedrigere Alkoholkonzentrationen in reines Wasser überführt und dann in später zu besprechender Weise gefärbt, eingeschlossen und aufbewahrt.

Durch diese Fixierungsmethode werden die uns interessirenden Strukturverhältnisse meistens in vorzüglicher Weise konserviert. Die gute Wirkung der Osmiumsäure beruht offenbar einerseits auf der bekanntlich sehr grossen Schnelligkeit, womit die Osmiumsäure als gasförmige und lipoidlösliche Substanz in das Plasma hineindringt; man kann dies leicht ad oculos demonstrieren, wenn man Schnitte, welche gerbstoffhaltige Zellen enthalten, in die Osmiumatmosphäre hineinführt: der Zellsaft der betreffenden Zellen wird schon in 1—2 Sekunden gebläut, meistens scheidet sich bald ein dunkler Niederschlag ab. Andererseits hat die Osmiumsäure, worauf zuerst BETHE und MÖNCKENBURG¹⁾ aufmerksam gemacht haben, eine ganz eigentümliche Einwirkung auf Eiweissstoffe, indem diese nicht koaguliert werden, sondern im Gegenteil bei längerer Einwirkung der Osmiumsäure zu einer nicht koagulirbaren Substanz oxydiert werden. Bei so kurzdauernder Einwirkung wie in diesem Falle — 5—15 Sekunden — wird dieser Zustand nicht erreicht, immerhin wird aber die Quellbarkeit der plasmatischen Eiweissstoffe in einer besonderen

¹⁾ BETHE und MÖNCKENBURG, Die Degeneration der markhaltigen Nervenfasern der Wirbeltiere unter hauptsächlichlicher Berücksichtigung des Verhaltens der Primitivfibrillen. Arch. f. mikroskop. Anatomie, Bd. 54, 1899.

Weise verändert; denn tatsächlich werden bei nachträglicher Überführung in Alkohol nicht nur die ursprüngliche Form des Zellkerns, sondern auch die von ihm ausstrahlenden Fasern nach Vorbehandlung mit Osmiumsäure meistens auffallend gut erhalten, während dies ohne solche Vorbehandlung nur ausnahmsweise gelingt.

Bei der Nachbehandlung mit Alkohol muss darauf geachtet werden, dass die Schnitte nicht zu lange in den niedrigen Konzentrationen verweilen, weil die Verbindungsfasern bei längerem Aufenthalt in verdünntem Alkohol aufgelockert und gelöst werden; mehr als fünf Minuten ist nicht zu empfehlen, wenn die Alkoholkonzentration noch unter 50 % liegt. Andererseits darf die Überführung durch Alkohol nicht zu rasch gehen, weil sonst sehr leicht Risse sowohl im dünnen Plasmanschlauch wie im Zellkern entstehen können. In manchen Fällen hat es sich herausgestellt, dass der Sprung von 10 zu 20, 30-prozentigen Alkohol u. s. w. ohne Nachteil gemacht werden kann; ebenso habe ich unter Umständen ganz gute Bilder bekommen, wenn ich die Schnitte nach der Behandlung mit Osmiumsäure direkt in 30—40-prozentigen Alkohol und dann in gewohnter Weise weiter nach oben übertrug. Aber im Allgemeinen erwies es sich als das zuverlässigste, den langsamen Weg der allmählich von 10, 15 % u. s. w. ansteigenden Überführung zu gehen, und zwar wurde meistens ein Aufenthalt von c:a 3 Minuten in jeder der unter 50 % befindlichen Lösungen als der günstigste befunden.

Uebrigens habe ich das jetzt geschilderte Verfahren versuchsweise in verschiedener Weise variiert und besonders den Alkohol durch schärfer fixirenden Flüssigkeiten zu ersetzen gesucht. In dieser Weise habe ich die meisten üblichen Fixagen wie das FLEMMINGSche, HERMANN'Sche, KEISERSche, CARNOYSche Gemisch sowie Alkohol-Eisessig in den verschiedensten Konzentrationen geprüft, ohne indessen so gute, geschweige denn bessere Resultate als mit Alkohol allein zu bekommen. Gar oft traten in den ersten Augenblicken der Einwirkung eines bestimmten Fixierungsmittel die intra vitam nur undeutlich zu sehenden Strukturen mit überraschender Schärfe und Klarheit hervor, allein dieser Zustand änderte sich bald, indem die Fäden undeutlich kontouriert wurden und in einen körnigen Zerfall gerieten, während der Kern unter Bildung einer scharf abgesetzten Membran eine mehr weniger rundliche Form annahm. Dass man in besonders glücklichen Fällen mit einigen von den oben erwähnten Fixagen brauchbare Bilder erhalten kann, soll indessen nicht bestritten werden, und geht ja schon aus der eingangs erwähnten Arbeit von MIEHE hervor. Doch habe ich derartige Erfahrungen nur mit FLEMMING'Schen und HERMANN'Schen Gemisch sowie mit Sublimatalkohol gemacht, und auch mit diesen Fixagen relativ selten.

Durch die jetzt gemachten Erörterungen ist die Frage, in wiefern die hier zu behandelnden Strukturen als *Artefacte* gedeutet werden können, schon zum guten Teil erledigt. In jedem konkreten Falle habe ich nämlich die intra vitam zu sehenden Strukturverhältnisse mit möglich grösster Genauigkeit verfolgt, und dann die Einwirkung der Chemikalien so weit möglich direkt unter dem Mikroskop verfolgt. In Bezug auf *Artefacte* wäre ja in erster Linie an die bekannten Sonnen-

strahlungen zu denken, die ALFRED FISCHER durch Einwirkung von Osmiumsäure auf Albumoselösungen erhalten und die er in seinem Buche über »Fixirung, Färbung und Bau des Protoplasmas» ausführlich geschildert hat. Allein schon der Umstand, dass der Zellkern, eben wie es MIEHE für *Hyacinthus* geschildert hat und wie ich in vielen anderen Fällen gefunden, ohne scharfe Grenzen kontinuierlich in die betreffenden Fäden übergeht, spricht entschieden gegen eine solche Deutung unserer Gebilde. In einigen Fällen sieht man übrigens in lebenden Zellen die vom Kerne ausgehenden Fäden ungefähr mit der gleichen Deutlichkeit wie der Kern selbst.

In Bezug auf das Färbeverfahren kann ich mich ziemlich kurz fassen. Die entschieden besten Färbungen erhielt ich mit der ZIMMERMANN'SCHEN Fuchsin-Jodgrün-Methode¹⁾ (oder Fuchsin-Methylgrün nach der selben Vorschrift). Sollten die Schnitte in Glyceringelatine aufbewahrt werden, so lies ich das rotblaue Gemisch nur kurze Zeit, 1—3 Minuten, einwirken, wusch dann mit Wasser aus und übertrug in Glycerin-Gelatine. Sollte dagegen Canadabalsam als Einschlussmittel verwendet werden, so musste die Farbstofflösung viel länger, 10—15 Minuten, einwirken, und die Ueberführung in Canadabalsam geschah dann meistens durch 50 % Jodalkohol, abs. Jodalkohol, Alkohol-Chloroform, Chloroform und Canadabalsam. Der Umstand, dass die Zellen mit gut fixirten Protoplasten immer von intakten Cellulosewänden umschlossen waren, erwies sich aber für die Uebertragung in Canadabalsam sehr unvorteilhaft, wenn es auch unter Umständen gelang, in dieser Weise ganz hübsche Präparate zu bekommen.

Was die Färbung sonst betrifft, so sind bekanntlich eben die osmirten Kerne als sehr schlecht färbbar verrufen. Bei so kurzdauernder Osmiumbehandlung wie sie hier zur Verwendung gelangte, machte sich dieser Umstand nicht besonders fühlbar; wenigstens erwiesen sich z. B. die Liliacéen-Kerne fast durchgängig als sehr gut tinktionsfähig, wenn sie den Alkohol passirt hatten. In anderen Fällen erwies sich eine Nachbehandlung mit schwefliger Säure nach den Vorschriften von BETHE und MÖNCKENBURG als recht vorteilhaft. Grössere Gerbstofffällungen, welche für die Beobachtungen hinderlich sein würden, suchte ich durch nachträgliche Behandlung mit Wasserstoffsuperoxid zu entfernen, was indessen nicht immer gelang.

Die mit Fuchsin-Jodgrün erhaltene Differenzirung gestaltete sich meistens so, dass die Hauptmasse des Kerns sich schön blau tingirte, die Nucleolen rot, die Kernmembran und die von ihr ausgehenden Fäden ebenfalls rot. Letztere Färbung nahmen immer die Chloro- und Leukoplasten an, ebenso eventuel vorhandene Elaio-plasten (*Haemanthus*).

Recht gute Differenzirungen bekam ich unter Umständen mit RENAULT'S Hämatoxylin-Eosin, wobei die Hauptmasse des Kerns violett, die Kernmembran, Ausläufer und Chromatophoren ziegelroth tingirt wurden. Diese Färbung gelang aber lange nicht so allgemein wie die mit Fuchsin-Jodgrün. Mit der sonst so beliebten Safranin-Gentianaviolett-Orange-Verfahren bekam ich selten befriedigende

¹⁾ Vgl. ZIMMERMANN, Beiträge zur Morphologie und Physiologie der Pflanzenzelle, Bd. II, Heft 1, S. 5.

Resultate, was zweifelsohne in erster Linie durch die Cellulosemembranen verschuldet wurde. Dagegen lieferte die Färbung mit Gentianaviolett nach GRAM in manchen Fällen gute Bilder, wobei die Kernaussläufer deutlich violett wurden.

Versuche die betreffenden Structures durch Vitalfärbung sichtbar zu machen schlugen fehl. Dagegen konnte man in gewissen Fällen den Kern mit seinen Ausläufern etwas deutlicher sehen, wenn der Zellsaft durch Aufnahme von sehr verdünnter Dahllialösung vorher violett gefärbt worden.

Im übrigen sind die hier zu behandelnden Structures meistens schon bei mässiger Vergrösserung (etwa Objektiv VII von Leitz) zu sehen, allerdings oft erst bei guter Beleuchtung mit Auerlicht.

Specielle Beobachtungen.

Dikotyledones.

Ranunculus Lingua.

(Fig. 1—4.)

Als Untersuchungsmaterial diente hauptsächlich die wintergrünen, submers kriechenden Rhizome, doch wurden nebenbei auch die aufrechten Sommersprosse untersucht.

Beobachtungen am lebenden Material:

In den Epidermiszellen des Stengels sind nur spärliche, ziemlich kleine Chloroplasten vorhanden, im subepidermalen Parenchym finden sich dagegen grosse, zahlreiche, oft in Längsreihen angeordnete Chlorophyllkörper, die im November—Dezember durch erhebliche Stärkeeinschlüsse beulenartig aufgetrieben sind. In lebenden Zellen erblickt man den Zellkern als einen relativ grossen, meistens bipolar gebauten, spindelförmigen Körper, der sich an den mittleren Seitenwänden recht scharf gegen das umgebende Cytoplasma abhebt; an den beiden Polen werden dagegen die Contouren öfters mehr oder weniger verschwommen, und man bekommt unter Umständen den Eindruck, dass der Kern hier ohne Grenzen in das Cytoplasma übergehe. Der sichtbare Teil des Kernes hat eine undeutlich granulirte-hyaline Beschaffenheit. Zwischen den Chloroplasten erblickt man bisweilen, aber doch ziemlich selten, einzelne Verbindungsfäden. Auf der Oberfläche des Kerns so wie an den Verbindungsfäden finden sich — aber ziemlich spärlich — kleine runde lichtbrechende Körner, die wahrscheinlich Öltröpfchen darstellen. — Wenn man Schnitte, die einige Zeit lang in physiologischer (6 %) Rohrzuckerlösung aufbewahrt wurden, in reines Wasser überträgt, werden die plasmatischen Structures oft besser sichtbar, insbesondere die Form und Abgrenzung des Kerns.

An Material, das nach der oben angegebenen-Osmium-Alkohol-Methode fixirt wurde, haben die Kerne ihre spindelförmige bipolare Gestalt erhalten, nur sind sie

meistens etwas schmaler als im lebenden Zustande. Grössere Granulationen sind nicht vorhanden, dagegen sind die Nucleolen (3—6) sehr gut sichtbar. Die Hauptmasse des Kerns erscheint an den mit Fuchsin-Jodgrün tingierten Präparaten schön blau, die Nucleolen rot. Gegen das Cytoplasma ist der Kern durch einen roten Saum (die Kernmembran) abgegrenzt; seine Contouren sind, besonders in den Epidermiszellen, öfters etwas zackig — wie eine sehr abgenutzte Sägeklinge — und diese rotgefärbten Zacken laufen nicht selten als zarte Fäden zu den Chloroplasten hin, um im Anschluss an diesen zu endigen. An den polaren Enden wird der Kern immer schmaler, und schliesslich jederseits in einen dünnen Faden ausgezogen, der hauptsächlich als eine Fortsetzung der Kernmembran zu betrachten ist; indessen geht auch die Kernsubstanz unmerklich und ohne scharfe Grenze in diesen Ausläufer hinüber. Die betreffenden Kernfortsätze, die man nach der STRASBURGERSCHEN Terminologie wohl nicht anders als kinoplasmatische Fasern nennen möchte, treten in den chlorophyllführenden Zellen immer mit den Chloroplasten in Verbindung, die auch unter sich durch erythrophile Plasmasfasern verbunden sind (Fig. 2). Auf solchen Präparaten bildet der Kern mit den Chloroplasten in dieser Weise anscheinend ein in sich geschlossenes System. — In kürzeren, mehr isodiametrischen Parenchymzellen findet man nicht selten tripolare, dreieckige Kerne, die in drei Hauptausläufer ausstrahlen, sich sonst aber ganz wie die jetzt beschriebenen bipolaren Kerne verhalten. — In lädirten oder sonst beschädigten Zellen sieht man oft, wie der Kern unter Granulierung des Inhalts eine rundlich ovale Form annimmt und sich mit einer scharf umschriebenen Membran umgiebt, während gleichzeitig die Ausläufer verschwinden.

Der Zellkern und die jetzt beschriebenen Kernfortsätze resp. Verbindungsfäden bilden indessen kein starres, morphologisch festgelegtes System, so scharf und wohldifferenziert auch diese Gebilde an mit Osmiumsäure-Alkohol fixirtem Material hervortreten. In unverletzten Zellen von Schnitten, welche im Wasser aufbewahrt werden, gewahrt man meistens etwa nach einer Viertelstunde eine ziemlich lebhaft protoplasmaströmung, die offenbar durch den Wundreiz hervorgerufen ist; gleichzeitig heben sich die Contouren des Zellkerns und der Kinoplasmafasern viel deutlicher gegen das Cytoplasma ab (Fig. 4 a). Die oben erwähnten kleinen Öltröpfchen fangen an sich zu bewegen, gleiten an der Oberfläche des Kerns oder in der peripheren Kinoplasmaschicht der Kernmembran, und gehen oft auf die Kernfortsätze und Verbindungsfäden hinüber, auf denen sie dann wie auf Schienen weiterrutschen, ohne indessen immer an die momentan sichtbaren Fasern gebunden zu sein. Gleichzeitig constatirt man auch, dass der Kern fast wie eine Amöbe seine Form verändert, so dass ein anfangs bipolar gestreckter Kern in einigen Minuten ein fast runde Form annehmen kann, oder ein dreieckiger Kern — mit drei Ausläufern — sich in einen bipolaren mit zwei Ausläufern verwandelt. Bisweilen behält der Kern seine Form, wenigstens annähernd, konstant, während die kinoplasmatischen Fasern sehr wechselnde Gestalten annehmen, und bald hie, bald da sehr scharf differenziert zum Vorschein kommen, um dann wieder unsichtbar zu werden. Auch

die Dicke der Verbindungsfäden schwankt erheblich: so kommt es vor, dass eine Kinoplasmafaser plötzlich wie ein gespannter Muskel anschwillt und im nächsten Augenblick wieder auf die ursprüngliche Form zurückgeht. Bei solchen Gelegenheiten habe ich wiederholt gesehen, wie die Chloroplasten anscheinend *in* den Fäden und von diesen umschlossen sich gegen den Kern zu oder auch umgekehrt bewegten. In den angeschwollenen Fasern ist der centrale Teil oft deutlich granulirt, sonst sind diese Gebilde — abgesehen von den oben erwähnten Öltröpfchen — von annähernd homogen-hyaliner Beschaffenheit.

Ranunculus auricomus.

In den lebenden Epidermis-Zellen der Unterseite des Blattes erblickt man den Kern sehr deutlich als einen granulirten Körper mit triangulärer, eiförmiger oder bisweilen rundlich-nierenförmiger Gestalt. Die Ausläufer sind sehr deutlich zu sehen, ziemlich zahlreich und bestehen aus recht starken Strängen, die sich stellenweise sehr deutlich als Fortsetzungen der Kernmembran präsentiren. Die Ausläufer schwellen bisweilen lokal an, und erscheinen dann an solchen Stellen etwas granulirt; sie anastomosiren öfters mit einander.

Die Chloroplasten sind von eigentümlicher Beschaffenheit und bestehen aus einem äusseren, dichten, deutlich grüengefärbten Ring, und einer inneren, ungefärbten Vacuole. Meisten liegen ihrer 4—7 in den Kern eingesenkt, die übrigen sind durch Verbindungsfäden mit dem Kern und mit einander verbunden. — In 5 % Glucoselösung erscheint das nämliche Bild, nur sind die Strukturen in diesem Falle etwas undeutlicher. In dieser Lösung wie auch im Leitungswasser erscheinen nach einiger Zeit im Zellsaft lebhaft zitternde Krystalle, die wohl ihre Entstehung irgend einem Stoffaustritt aus dem Plasma verdanken.

An mit Os.-Alkohol fixirtem Material färben sich bei Behandlung mit Fuchsin-Jodgrün zuerst die Kerne schön blau, während die Chloroplasten noch ungefärbt bleiben. Nach einiger Zeit werden diese schön rot, und nach längerer Einwirkung (10—15 Minuten) erscheint die Peripherie des Kerns — die Kernmembran — deutlich rot, die Kernsubstanz blauviolett, die Nucleolen rot, ebenso die Chloroplasten und die Verbindungsfäden deutlich rötlich. — Mit RENAULTS Hämatoxylin färbt sich die Kernsubstanz violett, die Membran, die Ausläufer und die Chloroplasten gelblich ziegelrot.

Andere *Ranunculus*arten wie z. B. *Ranunculus Nyssanus* stimmen mit Rücksicht auf die uns interessirenden Verhältnisse mehr mit *R. Lingua* überein. Bei *R. Nyssanus* führen die Epidermiszellen grosse, rundlich-linsförmige oder stumpf dreieckige Kerne mit dünner, hyaliner Membran, von welcher 3—6 Ausläufer zu den ziemlich grossen Chloroplasten hinausstrahlen; oft liegen 2—5 Chloroplasten in den Kern hineingesenkt. — In absterbenden Zellen kommt nicht selten — wahrscheinlich als traumatische Reaktion — ein ziemlich reiches Fadenwerk, das teilweise

keine Beziehung zu den Chloroplasten zeigt, zum Vorschein um dann wieder zu verschwinden. Beim fortschreitenden Absterben rundet sich der Kern ab, wird grobgranuliert und umgibt sich mit einer scharf begrenzten Membran, während die Ausläufer bis zur völliger Vernichtung desorganisiert werden.

Anemone nemorosa.

(Fig. 6, 7.)

Auch bei *Anemone*-arten (*Anemone nemorosa* und *A. ranunculoides*) wurden die nämlichen Strukturen wie bei *Ranunculus* in exquisiter Schönheit beobachtet, und zwar in erster Linie in den Epidermiszellen der Blätter, aber auch in den Zellen des Schwammparenchyms; hier sind die Kerne etwas dicker als in den Epidermiszellen, aber ganz wie bei *Ranunculus Lingua* bipolar gebaut, und ihre in feine Fäden ausgezogene Enden treten mit den Chloroplasten in Verbindung. Dies konnte auch — bei den Zellen des Schwammparenchyms — an mit FLEMMING'S Gemisch fixierten und dann nach erfolgter Paraffineinbettung geschnittenem Material konstatiert werden.

Recht bemerkenswert sind die Verhältnisse in den Zellen der Rhizome. Als Untersuchungsmaterial diente mir einige im Januar ausgegrabene Rhizomstücke, welche nach einem mehrtägigen Aufenthalt im warmen Zimmer zu treiben angefangen hatten. Am deutlichsten präsentieren sich die betreffenden Verhältnisse in den unmittelbar unter dem Periderm gelegenen Zellen, wo die Stärkekörner kleiner und nicht so zahlreich sind wie tiefer im Gewebe. Die Kerne sind ziemlich gross, rundlich-oval, bisweilen bipolar; in nach der Osmium-Alkohol-Methode fixierten und mit Fuchsin-Jodgrün gefärbten Schnitten ist ihre Hauptmasse fast homogen, blau tingiert, mit 1—3 rötlich durchschimmernden Nucleolen und einer hyalin-farblosen oder schwach rotgefärbten Membran, von welcher bald ziemlich dicke, bald sehr dünne Ausläufer zu den Stärkekörnern hinausstrahlen (Fig. 7). Oft liegt der Kern eingeklemmt mitten in einem Haufen von Stärkekörnern, von denen dann Fäden zu den mehr peripher gelegenen Körnern hinausgehen (Fig. 6). Analoge Verhältnisse finden sich, wie bald eingehend gezeigt werden soll, auch bei anderen unterirdischen Speicherorganen, besonders schön bei den Zwiebeln der Monokotylen.

Aucuba japonica.

(Fig. 12, 12 a, 12 b.)

In lebenden Epidermiszellen (des Blattes) erscheinen die Kerne als scharf markierte, hyaline, äusserst schwach granulirte, spindelförmige bipolare Körper; gegen die beiden Polen werden sie immer schmaler, und die Contouren werden undeutlicher, so dass die polaren Partien der Kerne überhaupt nicht zu sehen sind. Unter Umständen lassen sich doch die zugespitzten Kernenden verfolgen, und man kann

dann auch konstatieren, dass die fadenförmig ausgezogenen Ausläufer mit Chloroplasten in Verbindung treten. Letztere sind in den Epidermiszellen ziemlich klein, blassgrün. In lädirten Zellen werden die vorher spindelförmigen Zellkerne rundlich und umgeben sich mit einer scharf umschriebenen Membran, während gleichzeitig der Inhalt mehr oder weniger granuliert wird.

Die Fixierung gelingt meistens recht gut nach der Osmium-Alkohol-Methode; die Plasmastrukturen sind bei dieser Pflanze, wenigstens in den Epidermis- und Mesophyllzellen der Blätter, ziemlich stabil, so dass man unmittelbar nach der Osmiumbehandlung (15 Sekunden) direkt in 40-prozentigen Alkohol überführen kann. Mit Fuchsin-Methylgrün erhält man oft, besonders bei Nachbehandlung mit schwefliger Säure, ganz gute Differenzierungen, indem die centrale Masse des Zellkerns schön blau tingiert wird, die Nucleolen, die Kernmembran, die Verbindungsfäden und die Chloroplasten rot. An den beiden zugespitzten Enden geht die blaue Kernsubstanz ganz unmerklich in die rot gefärbten Ausläufer hinüber, so dass eine scharfe Grenze zwischen dem Kern und den polaren Ausläufern gar nicht existiert. Von den seitlichen Partien des Kerns gehen oft kürzere Ausläufer auf die Chloroplasten zu, diese Fasern sind dann meistens deutliche Fortsätze der Kernmembran, die sich hier gegen die Grundmasse des Kerns bedeutend schärfer abhebt als an den polaren Partien.

Eine recht gute Differenzierung erhält man auch, wenn man die in Osmium-Alkohol fixierten Schnitte mit Methylgrün-Essigsäure behandelt. Auch die Chloroplasten werden dann schön grün gefärbt und die Kernaussläufer erscheinen sehr deutlich.

Übrigens sind die Ausläufer ebenso wie die Kerne bei *Aucuba* ziemlich resistent gegen Chemicalien, wenn sie nur einmal fixiert sind. Nach 24-stündiger Behandlung mit 0,3 % HCl waren die Kerne dunkler, etwas bräunlich gefärbt, allein die Contouren traten sehr scharf hervor, und die Ausläufer waren gut sichtbar. Nach entsprechender Behandlung mit 1 % Sodalösung erwiesen sich die Kerne völlig unverändert und die Ausläufer fast ganz intakt, was besonders nach Zusatz von Methylgrün-Essigsäure auffiel.

Im Schwammparenchym des Blattes sind die Kerne meistens bipolar gebaut, doch trifft man auch tripolare, dreieckige Formen, welche übrigens auch in gewissen Epidermiszellen vorkommen. Im Allgemeinen sind die Kerne des Mesophylls in den centralen Partien etwas dicker als diejenigen der Epidermiszellen; das nämliche gilt auch von den Kernen in dem Assimilationsparenchym der Rinde. Sowohl im Mesophyll wie im Rindenparenchym konnte indessen an mit Osmium-Alkohol fixierten Schnitten konstatiert werden, dass die polaren Ausläufer mit den Chloroplasten in Verbindung treten (Fig. 12 a, 12 b).

Aucuba longifolia und *A. viridis* stimmen in Bezug auf die uns interessierenden Verhältnisse völlig mit *A. japonica* überein.

Bellis perennis.

In den lebenden Epidermiszellen der Blätter ist der Kern meistens gut sichtbar als ein hyaliner rundlich-ovaler Körper, etwas grösser als die Chloroplasten. Letztere sind ziemlich gross und verhältnismässig zahlreich; einige von ihnen, oft 4—5 Stück, liegen dem Kern dicht angedrückt, von diesen Chloroplasten gehen dann deutliche Plasmafäden zu den Nachbarchloroplasten. Liegen keine Chloroplasten unmittelbar am Kern, so finden sich fast immer Verbindungsfäden zwischen diesem und den nächsten Chloroplasten. Diese Verbindungsfäden sind in der unmittelbaren Nähe des Kernes intra vitam sehr gut zu sehen¹⁾, auf grösserer Entfernung vom Kern werden aber die Contouren undeutlich.

Als Schnitte, welche im lebenden Zustande sehr deutliche Verbindungsfäden zeigten, in abs. Alkohol überführt wurden, kontrahierte sich der Kern sehr stark, und in den meisten Zellen verschwanden die Verbindungsfäden vollständig; nur stellenweise konnten Reste von den zerrissenen Fasern gespürt werden.

Nach Fixirung und Härtung mit Osmiumsäure-Alkohol erwiesen sich die im Leben vorhandenen Strukturen meistens gut erhalten. Es war dann oft sehr deutlich zu sehen wie der Kern mit einem oder mehreren Chloroplasten *verwachsen* war; die Verbindungsfäden waren sehr deutlich zu sehen, besonders die dickeren; diese erwiesen sich aber ungewöhnlich spröde, so dass sie trotz der angewandten Vorsicht oft stellenweise abgebrochen waren. Mit Fuchsin-Jodgrün erhielt man ziemlich gute Färbung, indessen nahmen Verbindungsfäden und Kernmembran verhältnismässig wenig Farbstoff auf.

Auch im Blattstielparenchym wurden analoge Strukturverhältnisse gefunden.

Von *Compositen*, deren chlorophyllführende Blattepidermis ungefähr dieselben Strukturverhältnisse zeigt wie die jetzt beschriebenen von *Bellis*, mögen besonders erwähnt werden: *Lactuca virosa*, *Crepis grandiflora* (Fig. 11), *Senecio vulgaris*, *Taraxacum vulgare*. Die Kerne sind hier meistens etwas grösser als bei *Bellis*; besonders bei *Crepis* und *Lactuca* sind Verwachsungen zwischen Zellkern und Chloroplasten oft sehr schön zu sehen. Letzteres gilt auch von Verbindungsfäden zwischen Kern und Chloroplasten.

Pyrola minor.

(Fig. 13.)

Osmiumsäure ruft in den Epidermiszellen und auch in gewissen Mesophyllzellen einen schwarzblauen Niederschlag hervor, der durch Wasserstoffsuperoxid nur teilweise entfernt werden kann, was die Beobachtung unter Umständen sehr erschwert.

¹⁾ Allerdings nur bei Auerlicht, nicht bei Tageslicht.

Die unteren Epidermiszellen der *Pyrola*-arten führen meistens grosse und zahlreiche Chloroplasten¹⁾, die durch relativ dicke Verbindungsfäden mit dem Kern communiciren. Letzterer ist ziemlich gross eiförmig-spindelförmig mit den polaren Enden zu anfangs kräftigen, aber zuletzt ganz dünnen Fäden ausgezogen. Wie bei *Aucuba* geht auch hier die Kernsubstanz ohne irgend eine sichtbare Grenze in die polaren Ausläufer hinüber; ausserdem strahlen vom Kern aus auch seitliche Fäden, die von der Kernmembran ausgehen, zu den Chloroplasten hin. Analoge Strukturverhältnisse wurden auch im Chlorophyllparenchym des Blattstiels gefunden.

Auch andere *Pyrola*-arten wie z. B. *Pyrola secunda* und *P. chlorantha* zeigten in den Epidermiszellen entsprechende Verhältnisse.

Rumex Acetosa.

(Fig. 8.)

In den Epidermiszellen dieser Pflanze liegen kleine blassgrüne Chloroplasten, von denen die meisten lokale Beziehungen zum Zellkern zeigen, indem sie oft einen fast geschlossenen Ring um den Kern bilden. Durch Fixirung und Härtung mit Osmium-Alkohol konnten auch hier Strukturen nachgewiesen werden, welche, wie die Fig. 8 zeigt mit den vorhin beschriebenen völlig analog waren. In beschädigten Zellen, wie sie beim Schneiden immer entstehen, präsentirte sich der Kern als ein grobgranulirter, von einer scharf umschriebenen Membran umgebener Körper; von den Verbindungsfäden war in derartigen Zellen gar nichts zu sehen.

Sempervivum arboreum.

(Fig. 13.)

Von dieser Pflanze wurde nur das Assimilationsgewebe der Blätter untersucht, und zwar in erster Linie die grossen chlorophyllreichen meistens gerbstofffreien Zellen, die durch eine abgeplattete, sehr gerbstoffreiche Zellschicht von der unteren Epidermis getrennt sind. Nachdem die untere Epidermis auf einer gewissen Strecke abgezogen war, wurde an dieser Stelle ein Schnitt hergestellt, der nur eine lebende Zellschicht enthielt, und in gewohnter Weise mit Osmium-Alkohol behandelt wurde. Da die betreffenden Zellen sehr gross sind, so musste das Deckglas durch unterschobene Capillarsplitter u. d. gestützt werden, weil sonst der Druck des Deckglases die Zellen derartig zusammenpresst, dass eventuel erhaltene Strukturen oft völlig zerstört werden. Die Fixirung gelingt hier keineswegs immer, auch wenn mit aller Sorgfalt operirt wird, und die Anfertigung wirklich gelungener Dauerpräparate stiess hier auf fast unüberwindliche Schwierigkeiten. An mit Fuchsin-Jodgrün gefärbten und im Wasser liegenden Schnitten konnten indessen oft sehr schöne Bilder beobachtet werden: der plattgedrückte, fast münzenförmige Zellkern,

¹⁾ Vgl. LIDFORSS, Die wintergrüne Flora, Lunds Univ. Årsskr. 1907.

der sich schön blau tingirt hatte, war von einer rotgefärbten Membran umgeben, die sich strahlenförmig in anfangs ziemlich dicke, später durch (oft dichotomische) Verzweigung dünner werdende Ausläufer fortsetzte. Diese ziemlich stark erythrophilen Fasern traten immer mit den Chloroplasten in Verbindung, und zwar oft in der Weise, dass ein vom Kern centrifugal ausstrahlender Faden gerade beim Verlassen eines Chloroplasten sich in zwei divergirende Ausläufer spaltete, die sich dann wieder dichotomisch verzweigen konnten. Die Fixirung dieser Zellen ist indessen recht capriciös, und gelingt anscheinend besser im Frühling und im Sommer wie im Winter. Die Figur ist nach einem in Glyceringelatine eingeschlossenen Dauerpräparate gezeichnet.

Solanum tuberosum.

(Figg. 9, 10, 10 b.)

In Anbetracht der schon eingangs erwähnten Angabe HABERLANDT'S¹⁾ war es von besonderem Interesse, die einschlägigen Verhältnisse bei der Kartoffelknolle zu untersuchen. Das Untersuchungsmaterial hatte während 2—3 Wochen an einem Fenster im Laboratorium gelegen, so dass eine recht lebhaft Ergrünung eingetreten war. Von den Knollen wurden ziemlich dicke Tangentialschnitte angefertigt, die nach 10—15 Sekunden Aufenthalt in Osmiumsäuredampf auf gewöhnliche Weise in steigendem Alkohol gehärtet wurden.

In den unmittelbar unter dem Korkgewebe gelegenen Zellen finden sich ergrünte Leukoplasten mit relativ kleinen Stärkekörnern; sie liegen theils diffus verteilt, theils kreisförmig um den Kern herum. Letzterer ist rundlich-oval, abgeplattet, mit fast homogener Grundmasse und deutlichem Nucleolus. Die Kernmembran ist meistens dünn und geht stellenweise ohne deutliche Grenze in ziemlich dünne Fäden hinüber, welche den Kern mit den angrenzenden Stärkekörnern verbinden. Auffallend ist sonst in dieser Region der Umstand, dass die Kerne eine sehr wechselnde Grösse besitzen, und zwar existirt hier eine sehr deutliche Relation zwischen Zellengrösse und Grösse des Zellkerns, so dass *grosse Zellen immer grosse, kleine Zellen immer kleine Kerne führen.*

Weiter nach innen werden die Stärkekörner erheblich grösser, und in gleichem Masse werden die Verbindungsfasern dicker und länger und ihre centrale Substanz stellenweise deutlich granulirt. Wenn der Kern annähernd isodiametrische Form hat, strahlen oft 5—10 Stränge von der Kernmembran hinaus, die entweder unmittelbar oder nachdem sie sich dichotomisch verzweigt haben, mit den Stärkekörnern in Verbindung treten (Fig. 9). Ist der Kern länglich (Fig. 10), so geht die Kernmasse allmählich in die polaren Ausläufer hinüber, während kleinere laterale Zweige mehr als direkte Membranfortsätze erscheinen. Bisweilen wird die blaue Kernmasse von einer dichtgranulirten, erythrophilen Hülle umgeben, und die von

¹⁾ Vgl. S. 7.

dieser ausstrahlenden Stränge erreichen dann meistens auch eine beträchtliche Dicke (Vgl. Fig. 10 b); allem Anscheine nach ist es eben ein solcher Kern, den HABERLANDT l. c. abgebildet hat. Solche Stränge zeigen unter Umständen lokale, knotenähnliche Anschwellungen von granulirter Substanz. Oft sind die Kerne ziemlich klein, und liegen eingeklemmt zwischen den dicht zusammengehäuften Stärkekörnern, so dass sie nur teilweise sichtbar sind. Weiter nach innen im Gewebe wird dies in noch höherem Grade der Fall, so dass ein Einblick in die morphologischen Verhältnisse dieser Zellen nur ausnahmsweise zu erreichen ist, doch scheinen die Verhältnisse im Princip hier nicht anders zu sein als in den peripheren Schichten. Die Verbindungsfasern sind von wechselnder Dicke, entweder dünn, homogen und hyalin, oder dicker dichotomisch verzweigt und dann öfters mit einem deutlich granulirten Centralcylinder.

In vielen Fällen sind die jetzt beschriebenen Structuren sehr deutlich in lebenden Zellen zu sehen; auch lässt sich dann feststellen, dass in den dickeren Fasern und auch tangential in der Kernmembran eine Translokation des Inhalts stattfindet, wobei die Fasern abwechselnd dicker und dünner werden oder sogar gänzlich verschwinden. Die Hauptmasse des Kerns ist im lebenden Zustande fast völlig homogen mit deutlich sichtbarem Nucleolus. Beim Betrachten der lebenden Structuren bekommt man nicht selten den Eindruck dass die Verbindungsfasern aus einer hyalinen Substanz bestehen, und dass in dieser wie in einer Röhre eine granulirte Masse vorhanden ist, die dann und wann Translokationen erfährt; je nach dem dieser Inhalt sich lokal vermehrt oder verschwindet, werden die Stränge mehr oder weniger deutlich sichtbar. — Im fixirten Zustande sind die Verbindungsfasern ziemlich spröde, so dass eine leichte Verschiebung des Deckglases ausreichen kann, um sie zum Bersten zu bringen.

Mit gleichen Resultaten wie die vorhin erwähnten Pflanzen habe ich eine ganze Anzahl von Dikotylen untersucht, von denen folgende hier namhaft gemacht werden mögen: *Lamium purpureum* (Blattepidermis und Stengelparenchym), *Galeobdolon luteum* (Blattepidermis), *Veronica hederifolia* (Blattepidermis und Stengelparenchym), *Geum rivale* u. *Geum urbanum* (Blattepidermis und Schwammparenchym), *Saxifraga crassifolia* und *S. cordifolia* (Blattepidermis), *Geranium molle* (Blattepidermis), *Chelidonium majus* (Schwammparenchym und Blattepidermis), *Rubus polyanthemus* (Rindenparenchym). Eine nähere Beschreibung dieser Verhältnisse würde indessen hauptsächlich Wiederholungen des schon geschilderten ergeben, weshalb ich darauf verzichte.

Monocotyledones.

Hyacinthus orientalis.

(Figg. 15, 16, 17, 18, 19.)

Als Untersuchungsmaterial diente ziemlich grosse, etwas ergrünte Zwiebeln, die im November aus den hiesigen Gärtnereien bezogen wurden, und dann in den

Wintermonaten untersucht wurden. Fixirt wurden meistens Schnitte, die ausser der Epidermis zwei Schichten lebender Zellen enthielten. Diese wurden in der gewohnten Weise fixirt und gehärtet; gefärbt wurde fast immer mit Fuchsin-Jodgrün (oder Methylgrün), welches Verfahren sich hier überaus gut bewährte. Durch vorsichtiges Überführen in Glyceringelatine konnten völlig befriedigende Dauerpräparate erhalten werden, deren Haltbarkeit natürlich doch keine unbegrenzte ist.

In den lebenden Zellen der stärkeführenden Schichten der Zwiebeln ist von den uns interessirenden Structuren meistens nicht viel zu sehen; die Kerne schimmern allerdings durch, diejenigen der Epidermiszellen als hyaline längliche Gebilde relativ gut sichtbar, diejenigen der unterliegenden Schichten als schwach granulirte, von Chloroplasten oder Stärkekörnern dicht umgebene rundliche Gebilde ohne deutliche Contouren. In gut fixirten Epidermiszellen, die auch an den Zwiebeln chlorophyll- und stärkefrei sind, sieht man die schon aus МІЕНЕС Arbeit bekannten Zellkerne mit ihren »kinoplasmatischen« Ausläufer; sie besitzen hier ungefähr denselben Bau wie in den Epidermiszellen der Laubblätter. Die unmittelbar unter der Epidermis gelegene Schicht ist diejenige, welche der ergrünenden Zwiebel die grüne Farbe verleiht; diese Zellen enthalten zahlreiche, ziemlich grosse aber etwas unregelmässig geformte Chloroplasten, und kolossal grosse Zellkerne, welche annähernd die Form einer grobzackigen Münze besitzen (stark abgeplattet mit unebenen Rändern). Diese Zellen lassen sich meistens nur mit Schwierigkeit gut fixiren, doch habe ich öfters gesehen, dass die Chloroplasten durch feine Fäden mit der Kernmembran in Verbindung stehen; die relativ schlechte Erhaltung dürfte teilweise darauf beruhen, dass in den fixirten Schnitten die betreffenden Zellen durch die überliegende dritte Zellschicht gegen die Wirkung der Osmiumdämpfe geschützt wurde, aber auch so fiel sie meistens überraschend schlecht aus. Die im folgenden gemachten Angaben beziehen sich deshalb nur auf die dritte Zellschicht (von aussen gerechnet).

In diesen Zellen sind die Chloroplasten schon durch chlorophyllfreie oder nur schwach ergrünte Leukoplasten, die grosse Stärkekörner führen, ersetzt. Die Kerne sind meistens rundlich oder triangulär, nicht so breit aber etwas dicker als die in der zweiten Zellschicht; sie färben sich bei Behandlung mit Fuchsin-Jodgrün intensiv blau, die Nucleolen treten indessen nur schwach hervor. Die Kernmembran färbt sich dagegen auffallend stark rot, ebenso die von ihr zu den Leukoplasten (Stärkekörnern) verlaufenden Fasern. Diese sind, wie die Figuren zeigen, ziemlich variabel, entweder ganz dünne Fäden, deren Natur als Membranfortsätze ganz augenfällig ist, oder es sind dickere Stränge, die wenigstens in ihren basalen Enden wirklich Kernsubstanz einschliessen und erst weiter centrifugalwärts nur aus erythrophiler Membransubstanz bestehen. Fast immer treten nun diese Fasern, sie mögen dick oder dünn sein, mit den von ihren Leukoplasten umschlossenen Stärkekörnern in Verbindung, und zwar scheinen diese Verbindungsfäden ohne sichtbare Grenze in die Substanz der Leukoplasten-Schicht aufzugehen. Auch die Leuko-

plasten stehen durch erythrophile, oft recht dicke Fäden, die allerdings nicht immer erhalten werden, mit einander in Verbindung. Diese Bilder können unter Umständen recht lebhaft an die von HABERLANDT gegebene Abbildung der Zellstructuren der ergrünenden Kartoffel erinnern, doch handelt es sich hier keineswegs, wie HABERLANDT für die Kartoffel anzunehmen scheint, um gewöhnliche Plasmafäden, sondern um wirkliche Kernfortsätze, die offenbar mit den »kinoplasmatischen Aufhängefasern« in den Epidermiszellen homolog sind. Über die verschiedene Gestalt und Anordnung geben die Figuren 15, 16, 17, den nötigen Aufschluss.

Eine Eigentümlichkeit, die ich — in dieser Ausbildung wenigstens — bis jetzt nur bei der Hyacinthenzwiebel gesehen habe, ist das *Vorkommen von Stärkekörnern im Zellkern*. Dies ist in den fraglichen Zellen keineswegs eine Seltenheit (Vgl. Fig. 15), immerhin ist es aber dann zu bemerken, dass das Stärkekorn immer von einer deutlich sich abhebenden Leukoplasthülle umgeben ist. Dadurch verliert ja der betreffende Befund einen guten Teil seiner Paradoxie und erscheint mehr als ein Extrem jener Fälle, wo ein Chloroplast oder Leukoplast mit dem Kern verwachsen, resp. in den Kern eingesenkt ist.

In den tiefer liegenden Schichten der Hyacinthenzwiebel sind, so viel ich habe finden können, analoge Structurverhältnisse vorhanden, doch wird in diesen Zellen die Beobachtung durch die massenhaft um den Kern zusammenliegenden Stärkekörnern höchst erheblich erschwert.

Die jetzt gemachten Angaben stützen sich, wie schon erwähnt wurde, auf Beobachtungen, die an ergrüneten, aber nicht ausgetriebenen Zwiebeln im November—Dezember gemacht wurden. An im Wasser ausgetriebenen Zwiebeln derselben Sorte wurde im Princip die nämlichen Verhältnisse konstatiert, doch machte sich in Bezug auf die Lage der Stärkekörner in den betreffenden Schichten der Unterschied geltend, dass dieselben ganz wie in Statolithenzellen an der unteren Wand verlagert waren, und zwar befand sich dann auch der Zellkern konstant im unteren Teile der Zelle, von den Stärkekörnern umgeben und oft mit ihnen durch Kinoplasmastränge verbunden. Diese erwiesen aber oft auffallend dünn im Vergleich zu denjenigen der nicht ausgetriebenen, aber ergrüneten Zwiebeln, doch waren hie und da auch dickere Stränge zu sehen; oft war der Kern mit einer stark erythrophilen Kinoplasma-masse verwachsen oder von einer derartigen Hülle umschlossen. Wurden die vorher aufrecht gehaltenen Zwiebeln mit der Längsachse horizontal gelegt, so wurde die Lage der Stärkekörner entsprechend verändert, so dass sie jetzt den vertikalen Seitenwänden angelagert wurden; diese Lageveränderung wurde dann auch stets vom Zellkern mitgemacht, der also fortwährend durch Kinoplasmastränge mit den Stärkekörnern in Verbindung blieb.

In Anbetracht der soeben geschilderten Verhältnisse war es von bestimmten Interesse zu erfahren, wie sich die Statocysten der Hyacinthe in dieser Beziehung verhalten. Statocysten finden sich bei dieser Pflanze teils in den Wurzelspitzen, wo sie nicht besonders schön entwickelt sind, teils im Stengel, wo sie eine kon-

zentrische Schicht ausserhalb des Gefässbündelkreises bilden, und in den Blättern ¹⁾, wo jedes Gefässbündel von einem einschichtigen Statocystenring umgeben wird. So viel ich habe sehen können, finden sich in den Statocysten gar keine Verbindungsfäden zwischen den Zellkern und den beweglichen Stärkekörnern; letzterer liegt annähernd in der Mitte der Zelle unabhängig von der jeweiligen Lage der Stärkekörner. Auffallend ist dagegen die Beschaffenheit des Zellkerns. Dieser ist relativ klein, und meistens durch rissförmige Einkerbungen mehr oder weniger deformiert, so dass öfters der Eindruck einer beginnenden Deformation erweckt wird. Bei *Hyacinthus* ist diese, fast an Gehirnwindungen erinnernde, Form des Zellkerns typisch für die Statocysten im Stengel und in den Blättern (Vgl. Fig. 17 b).

Von besonderem Interesse war es auch, die nach der Osmium-Alkohol-Methode fixierten Kerne der Epidermiszellen der Blätter mit den von MIEHE durch Fixierung mit FLEMMINGS Gemisch erhaltenen Bilder zu vergleichen. Im Allgemeinen hat es sich gezeigt, dass die nach der ersten Methode erhaltenen Bilder in wichtigen Punkten mit der von MIEHE l. c. gegebenen Abbildung übereinstimmen; vor allem sind die kinoplasmatischen Fasern und die allgemeine Form des Kerns in ganz analoger Weise konserviert (Vgl. MIEHES Fig. 11 und diese Arbeit Fig. 18). In Bezug auf die chromatinhaltige Hauptmasse des Kerns macht sich dagegen ein Unterschied insofern geltend, als dieselbe durch das FLEMMINGSsche Gemisch zu einem grobgranulierten Gerinnsel verwandelt worden, während die nach der von mir benutzten Methode fixierte Kernsubstanz durch ihre feingranulierte-homogene Beschaffenheit vielmehr an die intra vitam bestehenden Verhältnisse erinnert.

In den *lebenden* Epidermiszellen sind die Zellkerne, die fast immer an den inneren Längswänden gelegen sind, gut sichtbar als längsgestreckte, granulirte Massen, welche sich in den mittleren Partien meistens durch einen feinen, dunkleren Rand gegen das Cytoplasma abgrenzen, während dagegen an den polaren Enden die Contouren und die Kernmasse überhaupt etwas undeutlicher werden; indessen sind die MIEHESchen Aufhängefasern oft recht deutlich zu sehen. In diesen ist meistens eine lebhafte Strömung vorhanden, und zwar sind es kleine, an der Oberfläche des Kerns gelegenen Granulationen, wahrscheinlich Öltropfen, vielleicht auch proteinartige Mikrosomen, welche in raschem Tempo fortgeführt werden; unter Umständen kann man gerade an der Grenze zwischen Kern und Aufhängefasern eine so lebhafte Strudelbewegung wahrnehmen, dass das Bild an in eine Kapillare einschwärmende Bakterien erinnert. Gleichzeitig wechselt auch die Gestalt der Aufhängefasern, so dass ich z. B. in einem konkreten Falle gesehen habe, wie ein anfangs am einen Ende gabelförmig verzweigter Kern in wenigen Minuten zu einem mit einfach ausgezogener Spitze verwandelt wurde, indem der eine Ast bis zum Schwinden vermindert wurde, während der andere entsprechend an Mächtigkeit zunahm; in dieser Weise wurde der ganze Zellkern etwas nach vorn verschoben.

¹⁾ Die Blätter der Hyacinthe sind anfangs stark negativ geotropisch.

Im chlorophyllführenden Parenchym der Blätter sind die grossen Zellkerne, wie an mit Osmium-Alkohol fixierten Schnitten bisweilen sehr deutlich zu sehen ist, durch sehr feine, von der Membran ausgehende Kinoplasmafäden mit den angrenzenden Chloroplasten verbunden, falls dieselben nicht den Kern unmittelbar berühren. Doch sind in diesem Gewebe die betreffenden Structuren sehr empfindlich und gehen auch bei sonst gelingender Fixierung leicht zu Grunde, was wohl einerseits mit der relativen Dünne der Fäden, andererseits mit dem in den assimilirenden Zellen verhältnismässig hohen Turgordruck zusammenhängt. In den im Wasser ausgetriebenen Wurzeln lassen sich dagegen die Aufhängefasern vielfach ziemlich leicht fixieren. Von dem meristematischen Gewebe der Wurzel kann man sehr brauchbare Präparate bekommen, wenn man ganze Wurzelspitzen 10—20 Sekunden im Osmiumdampf hält und dann mit Intervallen von etwa 10 Minuten durch steigenden Alkohol überträgt, und nach der gewöhnlichen Mikrotombehandlung mit Fuchsin-Jodgrün färbt. Sowohl die ruhenden Kerne wie die Karyokinesen sind in solchen Präparaten sehr schön fixiert und zwar in einer Weise, die nach allem zu urteilen der vitalen Structur näher kommt als es irgend eine andere Fixierungsmethode erlaubt. Besonders fällt es auf, dass die jungen Kerne, vor allem in den stärkehaltigen Zellen, nicht so regelmässig runde Gestalt haben wie z. B. ROSEN ¹⁾ abgebildet hat, sondern vielmehr zackige-gelappte Contouren aufweisen. Unter Umständen konnten auch an Mikrotomschnitten in ganz jungen Zellen Verbindungsfäden zwischen den Zellkern und den stärkeführenden Leukoplasten konstatiert werden (Fig. 19), jedoch nicht in den Statocysten.

Tulipa Gesneriana.

(Fig. 21, 21 b, 22, 22 b, 22 c, 23.)

In den lebenden Epidermiszellen der Laubblätter sieht man die Zellkerne sehr deutlich als rundliche, feingranulirte Gebilde, von denen bald gröbere, bald feinere Stränge ausgehen, die bisweilen netz- oder balkenförmig die Zelle durchsetzen. In gewissen Fällen sind diese Stränge, besonders wenn sie sehr dick sind, kaum von gewöhnlichen trophoplasmatischen Plasmafäden zu unterscheiden, in anderen Fällen dokumentieren sie sich aber unzweifelhaft als Gebilde, welche sowohl morphologisch wie physiologisch den MIEHESchen Aufhängefasern entsprechen dürfen. Allerdings ist ein kontinuierlicher Übergang der chromatischen Kernsubstanz in die Aufhängefasern, wie z. B. bei *Hyacinthus*, hier selten vorhanden, was offenbar mit der meistens isodiametrischen Gestalt des Zellkerns zusammenhängt; allein sehr oft lässt sich an mit Osmium-Alkohol fixierten Schnitten überaus deutlich konstatieren, dass die feineren Fäden direkte Fortsätze der Kernmembran sind, in welche sie ohne sichtbare Grenze übergehen. Da indessen die Kerne fast immer

¹⁾ F. ROSEN, Beiträge zur Kenntnis der Pflanzenzellen, COHNS Beiträge Bd. VII. Vgl. besonders Taf. II.

eine isodiametrische Gestalt besitzen, so sieht man gewöhnlich nicht einen derartigen kontinuierlichen Uebergang der Chromatinsubstanz in die Ausläufer wie es z. B. bei *Ranunculus Lingua*, *Aucuba* und in den Epidermiszellen von *Hyacinthus* der Fall ist, sondern die Kernmembran umgibt den Kern als eine überall deutlich abgegrenzte erythrophile und etwas granulirte Hülle, welche ihrerseits ohne Grenze in die Ausläufer übergeht. Diese Kernmembran, deren Zugehörigkeit zum Cytoplasma ganz zweifellos ist, wird aber bei schlechter Fixirung, wie sie z. B. in verletzten Zellen stattfindet, zerstört, und an ihrer Stelle erscheint eine scharf begrenzte Membran, welche den jetzt grobgranulirten und abgerundeten Kern umgibt und offenbar ein Artefact ist. (Vgl. Fig. 21 und 21 b.) Es ist aber kaum zu bezweifeln, dass derartige, künstlich hervorgerufene Membranen in vielen Fällen für die natürlichen Kernmembranen gehalten worden sind, und wohl noch gehalten werden.

In Zellen von Schnitten, die etwa eine Viertelstunde im Wasser gehalten worden, tritt in den Verbindungsfäden und in der den Kern umgebenden Kinoplasmahülle eine ziemlich lebhaft Strömung auf; gleichzeitig werden die Ausläufer selbst von gewissen quantitativen Veränderungen betroffen, so dass sie bald lokal verdickt, bald bis zum völligen Schwinden verdünnt werden. Auch der Kern ändert bisweilen in auffälliger Weise seine Form; so habe ich direkt verfolgen können, wie ein anfangs fast isodiametrischer Kern mit vier Ausläufern in wenigen Minuten zu einem bipolaren Gebilde mit zwei Ausläufern, welche den MIEHESchen Aufhängefasern vollkommen ähnelten, verwandelt wurde.

In den *Zwiebeln* — ich untersuchte hauptsächlich ruhende Zwiebeln in den Wintermonaten — finden sich Strukturverhältnisse, welche in principieller Hinsicht mit den schon für *Hyacinthus* beschriebenen übereinstimmen, aber doch einige charakteristische Sonderheiten aufzeigen. Die Kerne der äussersten Zellschicht besitzen ungefähr denselben Bau wie die Kerne der Blattepidermis: sie sind rund oder oval und von einer meistens dünnen, in mehrere Ausläufer ausstrahlenden Kinoplasmahülle umgeben; Stärkekörnern sind nicht vorhanden, Leukoplasten scheinen auch zu fehlen. In den etwas weiter nach innen gelegenen aber noch stärkefreien resp. stärkearmen Zellschichten wird diese Kinoplasmahülle, welche aus dem rotblauen Gemisch das Fuchsin mit auffallender Gier aufnimmt, immer stärker entwickelt, so dass sie bald als eine dicke Hülle, bald als ein dem Kern einseitig angewachsenes Gebilde sichtbar wird; in beiden Fällen setzt sich die Kinoplasmamasse in stark entwickelte, meistens verzweigte Ausläufer fort. In gut fixirten und mit Fuchsin-Jodgrün gefärbten Präparaten erhält man deshalb Bilder, die beim ersten Blick recht paradox erscheinen, indem der in rötlich gefärbte Ausläufer ausstrahlende Kern anscheinend zur Hälfte blau, zur Hälfte rot gefärbt ist; die rote Hälfte, die auf den Bildern an der Tafel III etwas heller gehalten ist, besteht aber nicht aus Kernsubstanz, sondern aus dem Cytoplasma angehörigem Kinoplasma (Vgl. Fig. 22 c, 22 d).

Diese kinoplasmatischen Ansammlungen, welche hier regelmässig mit dem Zellkern zusammengewachsen sind, werden besonders in den etwas tieferen Schichten

grobgranulirt griesskörnig, und zwar beruhen diese Granulationen auf Einlagerung von Leukoplasten, die oft gegenüber dem umgebenden Kinoplasma auffallend schlecht differenzirt sind, deren Existenz sich aber durch das Auftreten von Stärkekörnern kundgiebt. Letztere erscheinen oft unmittelbar in der rotgefärbten Kinoplasmamasse eingebettet, etwas weiter nach innen finden sich aber Strukturen, die in auffälliger Weise mit denjenigen in der Hyacinthuszwiebel übereinstimmen (Fig. 22, 22 b).

Lilium candidum. In den Zwiebeln wurden Strukturverhältnisse gefunden, die den bei der Tulpe vorhandenen so ähnlich waren, dass eine genauere Beschreibung überflüssig erscheint (Vgl. Fig. 20, 20 b). Auch die zur Hälfte blau, zur Hälfte rot gefärbten kernähnlichen Gebilde waren hier stellenweise sehr deutlich zu sehen.

Galanthus nivalis. Die Zellkerne in den Epidermiszellen der Blätter stimmen in der Hauptsache mit den von MIEHE geschilderten Kernen in der Blattepidermis von *Hyacinthus* überein, nur sind die kinoplasmatischen Ausläufer der bisweilen sehr langgestreckten Kerne bei *Galanthus* meistens noch schöner ausgebildet wie bei *Hyacinthus* (Fig. 25, 26, 27). Auch in der Zwiebel sind die Kerne grösstenteils bipolar gebaut und durch kinoplasmatische Ausläufer mit den stärkebildenden Leukoplasten verbunden (Fig. 28), was besonders deutlich in den äusseren Zellschichten der Zwiebel, wo die Stärkekörner noch klein sind, zu sehen ist.

Narcissus poeticus und **N. Pseudo-Narcissus** stimmen in Bezug auf die uns interessirenden Verhältnisse, besonders mit Rücksicht auf die Zellkerne der Blattepidermis, mit *Galanthus* überein; auch in der Zwiebel wurden Verbindungsfäden zwischen Zellkern und Stärkekörnern constatirt (Fig. 24).

Hæmanthus coccineus.

(Figg. 29—32.)

Diese Pflanze, von der hauptsächlich die Epidermis der Blätter untersucht wurde, ist für unser Thema aus zwei verschiedenen Gründen von Interesse. Erstens sind die für uns in Frage kommenden Strukturen in den Epidermiszellen dieser Pflanze sichtbar mit einer Deutlichkeit, wie ich sonst nie gefunden habe, wodurch sich *Hæmanthus* vortrefflich als Kontrolmaterial für die Fixirung eignet. Zweitens finden sich bei dieser Pflanze eine besondere Art von aktiven Inhaltskörpern, nämlich typische Elaioplasten, deren morphologische Beziehungen zu den Kernen immerhin von einem gewissen Interesse erscheinen.

An lebenden, in Wasser liegenden Schnitten war folgendes zu sehen. Vom Zellkern, der ein hyalines oder schwach granulirtes Aussehen und einen nur schwach

durchschimmernden Nucleolus besitzt, strahlen nach allen Richtungen Fäden aus, von denen einige mit den dunklen grobgranulierten Elaioplasten in Verbindung treten, während andere Fäden, welche allem Anscheine nach stark gespannt sind, bis an das Hyaloplasma hinausstrahlen. An manchen Stellen ist sehr deutlich zu sehen, dass die betreffenden Fasern wirklich direkte Kernfortsätze sind und zwar von der Kernmembran, die als eine ziemlich dicke Schicht den gewöhnlich rundlichen Kern umgibt. Auch lässt sich deutlich beobachten, dass sowohl in der Kernmembran wie in den Fäden Mikrosomen fortgeführt werden; es findet hier eine deutliche Strömung statt. Dass aber die innere Hauptmasse des Kerns sich etwa an dieser Strömung beteiligte konnte ich niemals sehen.

Was die Elaioplasten betrifft, so sind diese recht gross, meistens bedeutend grösser als der Zellkern, und bestehen aus einer erythrophilen plasmatischen Grundsubstanz, welche mit einem ölartigen Stoffe imprägniert ist. Letzterer wird mit Osmiumsäure geschwärzt, aber schon von starkem Alkohol herausgelöst, so dass nur die plasmatische Grundsubstanz zurückbleibt. Diese ist übrigens, wie Fig. 31 zeigt, nicht selten mit dem Kern verwachsen, dem entsprechend, was wir schon an gewissen Chloroplasten gesehen haben.

Durch Behandlung nach der Osmium-Alkohol-Methode werden diese Strukturverhältnisse vollkommen naturgetreu und mit Erhaltung der kleinsten Details fixiert; nur treten gewisse Beziehungen vielleicht noch deutlicher hervor, so wird der Ursprung der Verbindungsfäden von der Membran ganz ausser Zweifel gestellt, ebenso präsentiert sich der Nucleolus jetzt sehr deutlich. Mit Fuchsin-Jodgrün erhält man eine sehr schöne Doppeltfärbung, indem die Elaioplasten schön rot, die Grundmasse der Kerne ebenso schön blau gefärbt werden; Kernmembran und Ausläufer färben sich schwach rötlich.

Von nicht geringem Interesse ist es, die Einwirkung der sonst üblichen Fixierungsmittel auf *Hemanthus*-Schnitte zu verfolgen. Bei Zusatz vom FLEMMING'schen Gemisch wurde folgendes gesehen: schon nach $\frac{1}{2}$ —1 Minute sind die Kerne granuliert geworden, ihre Gestalt ist schön kreisförmig geworden und eine früher nicht in der Weise sichtbare, scharf umschriebene Membran umgibt den Kern. Aus jedem Elaioplasten quillt ein grosser klarer Öltropfen hervor. Inzwischen werden die Contouren der Fäden immer undeutlicher, und nach einigen Stunden sind in vielen Zellen, wo anfangs ein schönes Fadengerüst vorhanden war, nur zerbröckelte Fragmente vorhanden.

Rhodea japonica, *Amaryllis Belladonna*, *Scilla sicula*.

In den chlorophyllfreien Epidermiszellen dieser Pflanzen konnte ich mit der Osmium-Alkohol-Methode sehr schöne Kernfortsätze nachweisen, die im wesentlichen mit den von MIEHE an *Hyacinthus* studierten übereinstimmen. Dagegen stösst es meistens auf grosse Schwierigkeiten, die Kerne im Assimilationsgewebe so

zu fixieren, dass ihre Verbindungsfäden mit den Chloroplasten erhalten werden. Dies missglückt fast immer, ohne dass ich im Stande wäre anzugeben, worauf der Misserfolg eigentlich beruht. In der Annahme, dass der im Assimilationsgewebe herrschende höhere Turgordruck vielleicht das entscheidende Moment wäre, injizierte ich die zu schneidenden Blätter mit physiologischer (6 %) Rohrzuckerlösung, und setzte dann die Schnitte den Osmiumdämpfen aus, oder ich fixierte direkt mit Osmiumsäurehaltiger physiologischer Zuckerlösung, aber alles ohne Erfolg. Doch war mir in einigen Fällen, wo die Alkoholüberführung mit peinlicher Sorgfalt gemacht wurde, möglich mit aller Deutlichkeit zu sehen, dass der Kern der Mesophyllzellen durch von der Membran ausgehende Fäden mit den Chloroplasten in Verbindung stand. Diese Beobachtung habe ich wiederholt bei *Scilla sicula* und *Rhodea japonica* gemacht; besonders bei der letzteren Pflanze waren die — übrigens zahlreichen — Fäden so dünn, dass ihre Erhaltung fast wie ein Wunder vorkam. An Dauerpräparaten war aber nicht zu denken.

Die unterirdischen Teile der jetzt erwähnten Pflanzen habe ich nicht untersucht.

Orchis angustifolia.

(Fig. 33—34.)

In den Wurzelknollen dieser Pflanze, die zur Winterzeit untersucht wurden, finden sich Strukturverhältnisse, die in wichtigen Beziehungen an die bei *Tulipa* beobachteten erinnern. In den äusseren stärkefreien oder stärkearmen Zellschichten werden die Kerne von einer plasmatischen Hülle umgeben, in welcher zahlreiche Leukoplasten eingebettet liegen und von der gewöhnlich Leukoplastführende Ausläufer hinausstrahlen; nicht selten sind die Leukoplasten so schwach gegen das umgebende stark erythrophile Plasma differenziert, so dass Bilder, die mit den bei *Tulipa* beobachteten scheinbaren Doppeltkernen übereinstimmen, zu Stande kommen. Indessen sind die betreffenden Plasmastränge in den Zellen der *Orchis*knolle oft so dick und so wenig gegen das Trophoplasma differenziert, dass ich sehr im Zweifel bin, ob man hier wirklich berechtigt ist von kinoplasmatischen Verbindungsfäden zu reden. Übrigens ist es ja theoretisch sehr wohl möglich und in gewissen Fällen wohl auch Tatsache, dass die vom Kern zu den Chromatophoren ausgehenden Verbindungsfäden sowohl aus Trophoplasma wie Kinoplasma bestehen. Nach meinem Dafürhalten ist ein derartiger Fall hier realisiert.

In den tiefer nach innen gelegenen Zellen der *Orchis*knolle liegen zahlreiche, gewöhnlich maulbeerförmig zusammengehäufte Stärkekörner, zwischen welchen man oft den central — oder doch annähernd central — gelegenen Kern hindurchschimmern sieht (Fig. 34).

Filicineæ.

Asplenium decussatum.

(Fig. 30, 35, 36, 37, 38.)

In den lebenden Epidermiszellen der Unterseite der Blätter sind die Kerne ziemlich deutlich als schwach granulirte, relativ grosse, sehr oft dreieckige Körper zu sehen. Von den ebenfalls recht grossen Chloroplasten sind einzelne mit dem Zellkern verwachsen, und erscheinen oft fast zur Hälfte in die Masse des Kerns eingesenkt. Von den drei Ecken des Kerns gehen gewöhnlich Fäden zu den Chloroplasten hin, um sich dann weiter zu verzweigen. Die Fäden sind in ihren dickeren Teilen an lebendem Material sehr deutlich zu sehen.

An mit Osmium-Alkohol fixirten und mit Fuchsin-Jodgrün gefärbten Material sind die Kerne in ihrem ganzen Umfange schön blau, die Chloroplasten wie gewöhnlich rot; dagegen sind die Ausläufer deutlich blau, wodurch sich ihre Zusammenhörigkeit mit dem Kern in prägnanter Weise kundgibt. Auch im chlorophyllführenden Grundgewebe des Blattstiels wurden entsprechende Strukturverhältnisse konstatiert.

Eine recht eigentümliche Erscheinung tritt — anscheinend völlig konstant — in gewissen Epidermiszellen älterer *Asplenium*-Blätter auf. Die Kerne werden sehr gross, und immer rundlich oval, niemals eckig und erscheinen schon in den lebenden Zellen aussergewöhnlich dunkel; bei Zusatz von Osmiumsäure werden sie gebräuntgeschwärzt. Ihre Ausläufer sind meistens verschwunden, so dass die intime Verbindung mit den Chloroplasten nicht mehr besteht. Alles in Allem sind diese Kerne offenbar einer Art *Fettdegeneration* anheimgefallen; ob diese einen Einfluss auf die Vitalität der Chloroplasten ausübt konnte ich bis jetzt nicht feststellen.

Fig. 36 zeigt teils eine Zelle mit normalem Kern, teils eine, wo der Kern der Fettdegeneration anheimgefallen ist. Fig. 37 zeigt eine von vornherein lädirte Zelle, wo der Kern sich abgerundet hat (unbrauchbare Fixirung).

Analoge Strukturverhältnisse habe ich auch in den Chloroplasthaltigen Epidermiszellen anderer Farne (*Asplenium Trichomanes*, *Scolopendrium officinale*, *Polypodium vulgare*) konstatiert. Ebenso gehören die von HABERLANDT für *Selaginella Martensii* abgebildeten Strukturverhältnisse¹⁾ in diese Kategorie; an mit Osmium-Alkohol fixirten Schnitten aus dem Rindenparenchym dieser Pflanze habe ich deutlich konstatieren können, dass der längliche Zellkern bipolar in kinoplasmatische Ausläufer ausgezogen ist, welche letztere in ihrem weiteren Verlaufe mit den von HABERLANDT abgebildeten, die Chloroplasten verbindenden Plasmasträngen identisch sind (Vgl. Fig. 39, 40).

¹⁾ Physiologische Pflanzenanatomie p. 32 (1904).

Allgemeine Resultate.

I. Die Fixirung.

Als eine allgemeine Erfahrung, die wohl gelegentlich auch von manchen anderen Botanikern gemacht worden, möchte ich zuerst hervorheben, dass die gewöhnlichen Fixirungsmittel (FLEMMINGS, HERMANN'S, MERKEL'S, JUEL'S, CARNOY'S Gemisch), die sich sonst einer allgemeinen und wohl auch berechtigten Popularität erfreuen, im grossen und ganzen nicht besonders gute Resultate liefern, wenn es sich um die Konservirung von Plasmastructuren in ausgewachsenen vegetativen Zellen mit dünnem Plasm Schlauch und grosser Vacuole handelt. Allem Anscheine nach sind die Bedingungen für eine gute Erhaltung der plasmatischen Structuren viel günstiger in den embryonalen Zellen, in denen keine oder relativ kleine Vacuolen vorhanden sind, und wo die geformten Bestandteile des Protoplasten bei der Fixirung im koagulirenden Cytoplasma eingebettet werden. Dagegen ist es kaum zu verwundern, wenn in Zellen mit sehr dünnem und von einem oft erheblichen Turgordruck gespannten Plasm Schlauch schon die bei der Fixirung eintretende Aufhebung der Semipermeabilität des Hyaloplasmas innere Gleichgewichtsstörungen hervorruft, die ihrerseits die Desorganisation gewisser morphologischer Differenzirungen bewirken können. In dieser Weise glaube ich, dass die grossen Schwierigkeiten, welche z. B. die Erhaltung der feineren Structuren in den Mesophyllzellen der Blätter¹⁾ fast allen Fixirungsmethoden entgegenstellt, zu erklären sind. Hiermit stimmt es auch überein, dass Zellen mit geringen Turgorwerten (Wasserpflanzen, *Crassulacéen*) sich relativ leicht fixiren lassen.

Im Allgemeinen hat sich nun das schon eingangs erwähnte Verfahren: Fixirung der Schnitte (nicht Gewebestücke) und vorsichtige Härtung durch steigenden Alkohol²⁾, vorzüglich bewährt. In dieser Weise ist es mir in vielen Fällen gelungen, plasmatische Structuren, die mit den sonst üblichen Fixirungsmethoden³⁾ fast regelmässig zerstört wurden, in befriedigender Weise zu fixiren, und zwar meistens ohne dass die Färbbarkeit in störender Weise herabgesetzt wurde. Durch welche Faktoren diese günstigen Resultate erzielt werden, lässt sich gegenwärtig nicht sicher überblicken. Die lipoidlösliche und demgemäss leicht eindringende Osmiumsäure verändert offenbar die Quellbarkeit der plasmatischen Eiweissstoffe derartig,

¹⁾ Besonders in den Palisadenzellen der Laubblätter herrscht oft ein auffallend hoher Turgordruck, so dass diese Zellen oft erst von 7—10-prozentigen KNO_3 -Lösungen plasmolysirt werden. Dagegen zeigen die Zellen der vorwiegend stärkeführenden Zwiebeln und Rhizome relativ niedrige Turgorwerte.

²⁾ In gewissen Fällen hat es sich vorteilhaft erwiesen, die Schnitte in 40-prozentigen Alkohol über Nacht verweilen zu lassen.

³⁾ Fixirung mit Osmiumdämpfen und nachträgliche Härtung in abs. Alkohol wurde im Anfang der Neunzigerjahre von GUIGNARD und BELAJEFF für pflanzliche Spermatozoiden verwendet; diese Methode, welche für Zellgewebe höherer Pflanzen wohl selten benutzt wurde, scheint aber gegenwärtig ganz aus der Mode gekommen zu sein.

dass die vitale Architektur in ihren gröberen Umrissen vorübergehend eine gewisse Stabilität erhält¹⁾, die dann durch die Einwirkung des allmählich ansteigenden Alkohols definitiv erhalten wird. Es ist aber zu bemerken, dass Osmiumdämpfe eine viel günstigere Wirkung ausüben als gelöste Osmiumsäure. Dies steht offenbar im Einklang mit der von KURZWELLY²⁾ gemachten Erfahrung, dass giftige Stoffe im allgemeinen dampfförmig intensiver wirken als im flüssigen Zustande; auch sind wohl die Bedingungen für eine postmortale Erhaltung der Plasmastructuren etwas günstiger, wenn von aussen kein Wasser in die Zelle eindringt. Die vorzügliche Wirkung des allmählich ansteigenden Alkohols beruht wohl teilweise auf der überaus grossen Leichtigkeit, womit der Alkohol in die Zelle eindringt; versetzt man den Alkohol mit einem langsamer eindringenden, aber sonst eiweissfällenden Stoff, etwa Pikrinsäure, so wird die günstige Wirkung des Alkohols fast aufgehoben, und die Fixirung fällt meistens recht schlecht aus. Entscheidend ist aber die Vorbhandlung mit Osmiumsäure, denn ohne diese ist der Alkohol, in welcher Konzentration er auch verwendet werden mag, nicht im Stande, die uns interessirenden Structuren zu konserviren. Dagegen gelingt es unter Umständen, einigermaßen befriedigende Resultate mit FLEMMINGS oder HERMANN'S Gemisch resp. mit Sublimatalkohol oder Eisessigalkohol zu bekommen, doch ist man nach meinen Erfahrungen in diesem Falle gar zu sehr dem Zufall überlassen; wenigstens kann man nie mit Bestimmtheit darauf rechnen, mit den erwähnten Fixirungsmitteln eine wirklich gute Konservirung der Kernaussläufer resp. der Verbindungsfäden zu bekommen.

Unter solchen Umständen könnte man sich vielleicht die Frage vorlegen, ob denn alle diejenigen Bilder, die eben durch Behandlung mit FLEMMINGS, HERMANN'S Gemisch u. s. w. erhalten worden, mit derartigen Mängeln behaftet sind. Dies ist nun meiner Ansicht nach keineswegs *allgemein* der Fall. Ich will bei dieser Gelegenheit nicht auf die durch ALFRED FISCHERS bekannte Buch³⁾ angeregten, jetzt aber zum guten Teil erledigten Streitfragen eingehen, sondern begnüge mich mit dem schon gemachten Hinweis, dass die Bedingungen einer relativ guten Fixirung allem Anschein nach viel günstiger sind, wenn es sich um Zellen embryonaler und meristematischer Gewebe handelt, als wenn die zu fixirenden Zellen schon das Streckungsstadium durchgemacht haben und also der relativ dünne Plasmaschlauch von einem grossen Saftraum gespannt wird. Nun beschäftigt sich bekanntlich die gegenwärtige Cytologie in erster Linie mit den Jugendstadien der Pflanzenzellen sowie mit den ähnlich gebauten Fortpflanzungszellen, und gerade diesem Umstande dürften die mit den gebräuchlichen Fixirungsmitteln erhaltenen Bilder einen guten Teil ihres unbestreitbaren Wahrheitsgehalts verdanken. Indessen glaube ich, dass die von mir benutzte Methode sich in manchen Fällen auch für die Fixirung embryonaler und meristematischer Gewebe eignen wird, vorausgesetzt dass der

¹⁾ Ueber die sonstigen Wirkungen der Osmiumsäure vgl. S. 8.

²⁾ KURZWELLY, Ueber die Widerstandsfähigkeit trockener pflanzlicher Organismen gegen giftige Stoffe, Jahrb. f. wiss. Botanik Bd. 38 S. 291 u. ff.

³⁾ Ueber Fixirung, Färbung und Bau des Protoplasmas (1898).

Osmiumdampf schnell genug eindringen kann. Von Hyacinthenwurzeln erhielt ich durch Behandlung mit Osmiumdampf (15 Sekunden) und nachträgliche Ueberführung durch steigenden Alkohol Mikrotompräparate, in denen die Fixirung sowohl der Karyokinesen wie der ruhenden Kerne entschieden besser gelungen war als mit irgend einem anderen Fixirungsmittel.

II. Die morphologischen Ergebnisse.

Die durch die vorgehende Untersuchung gewonnenen morphologischen Resultate können in folgender Weise formulirt werden:

In den *Epidermiszellen* der untersuchten Gefässpflanzen sind die Chloroplasten (wenn überhaupt vorhanden) mit dem Zellkern durch besonders differenzirte Plasmafäden verbunden, und zwar sind diese Verbindungsfäden entweder direkte Kernfortsätze, so dass sie ohne sichtbare Grenze in die Kernsubstanz übergehen, oder sie nehmen ihren Ursprung direkt von der Kernmembran, mit der sie auch in Bezug auf das Verhalten gegen Farbstoffe übereinstimmen. Diese Verhältnisse sprechen dafür, dass die betreffenden Verbindungsfäden dem Kinoplasma (im STRASBURGERSCHEN Sinne) beizuzählen sind. Nicht selten sind in den Epidermiszellen einige Chloroplasten mit dem Zellkern verwachsen oder in ihm eingesenkt; diejenigen Chloroplasten, welche mit dem Zellkern nicht in direkter Verbindung stehen, communiciren doch meistens theils mit den direkt verbundenen, theils unter sich, und zwar durch Plasmafäden, welche abgesehen von der geringeren Mächtigkeit vollkommen mit den vom Zellkern ausgehenden Kinoplasmafäden übereinstimmen.

Kinoplasmatische Verbindungsfäden zwischen Zellkern und Chloroplasten welche mit denjenigen der Epidermiszellen vollkommen übereinstimmen, konnten in mehreren Fällen auch im *Assimilationsgewebe der Blätter* sowie im *assimilirenden Rindenparenchym* nachgewiesen werden. Auch die *Elaioplasten* stehen, wenigstens in dem näher untersuchten Falle (*Hæmanthus*), durch analoge Kinoplasmafäden mit dem Zellkern in Verbindung.

In den *stärkehaltigen Speichergeweben von Rhizomen und Zwiebeln* sind die von Leukoplasten umgebenen Stärkekörner, wenigstens zeitweise, durch analoge von der Kernmembran ausgehende oder als direkte Kernfortsätze auftretende Aussläufer mit dem Zellkern verbunden. Diejenigen Stärkekörner, welche nicht mit dem Kern direkt verbunden sind, communiciren vielfach unter sich durch ähnliche Kinoplasmafäden.

Wenn ich im Vorigen die öfters erwähnten Verbindungsfäden als *kinoplasmatisch* bezeichnet habe, so geschah dies nicht, um den betreffenden Differenzierungen irgend eine bestimmte physiologische Function zu imputiren; der Ausdruck kinoplasmatisch ist hier vielmehr in erster Linie als morphologischer Terminus gebraucht worden. Allerdings hat STRASBURGER, dem wir die Einführung dieses Schlagwortes verdanken, das Wort Kinoplasma zuerst gebraucht für »denjenigen hyalinen Bestandteil des Protoplasmas, an dem sich die activen Bewegungsvorgänge

abspielen, dessen Bewegungen aber unter dem Einfluss der kinetischen Centren stehen»¹⁾. In Gegensatz zum eigentlichen Nährplasma, das Trophoplasma, welches nach STRASBURGER Wabenbau aufzeigt, soll das Kinoplasma eine fädige Structur besitzen, und ist insofern auch morphologisch charakterisirt; der Hauptsache nach scheint aber das STRASBURGERSCHE Kinoplasma, wenigstens in seiner ursprünglichen Fassung, ein physiologischer Begriff zu sein, und deshalb ist auch dieser Terminus von PFEFFER gerügt worden, weil man damit »eine bestimmte active Tätigkeit kennzeichnen will, die zudem nur auf Grund von formalen Gestaltungen supponirt, aber real in keiner Weise erwiesen wird»²⁾. Vor kurzem hat STRASBURGER auch die Berechtigung der PFEFFERSCHEN Kritik zugegeben³⁾, doch meint er, dass das Wort Kinoplasma, wenn auch im erweiterten Sinne, noch zu gebrauchen sei, weil es einem vorhandenen Bedürfnis zu entsprechen scheint. In diesem erweiterten Sinne umfasst das STRASBURGERSCHE Kinoplasma sowohl die Kernwandung, welche dem Cytoplasma angehört, wie auch die Hautschicht der Zelle; diese Elemente zeigen nämlich »solche Beziehungen zu der Substanz der Spindelfasern und Verbindungsfäden, dass ihre Vereinigung mit diesen geboten schien»⁴⁾. Ausserdem gehören von den Elementen des ruhenden Kernes auch die von MIEHE in den Epidermiszellen von *Hyacinthus* entdeckten Verbindungsfäden, die der Kern mit der Hautschicht verbinden, zum Kinoplasma⁵⁾.

Wenn man diese Terminologie gelten lässt — und ich glaube, man hat dazu gute Gründe — so ist es einleuchtend, dass die in dieser Arbeit geschilderten Verbindungsfäden, wenigstens in den meisten Fällen, als kinoplasmatische zu bezeichnen sind, ohne das damit etwas über ihre Funktion ausgesagt werden soll. Denn die betreffenden Verbindungsfäden sind entweder, ganz wie die MIEHESCHEN Aufhängefasern, direkte Kernfortsätze, welche ohne sichtbare Grenze in den Kern übergehen (*Ranunculus*, *Anemone*, *Pyrola*, *Aucuba*, *Galanthus*, *Narcissus*, *Asplenium*, *Selaginella*) oder es sind von der Kernmembran ausgehende und mit dieser stofflich identische (oder doch sehr verwandte) Ausläufer, die sich gegen das übrige Protoplasma deutlich abheben (*Solanum*, *Rumex*, *Sempervivum*, *Hyacinthuszwiebel*, *Lilium*, *Tulipa* u. s. w.). Unter solchen Umständen muss man wohl, wenn man die STRASBURGERSCHE Terminologie in ihrem jetzigen Sinne überhaupt acceptirt, die betreffenden Verbindungsfäden dem Kinoplasma zurechnen, um so mehr als sie durch ihr Verhalten zu Farbstofflösungen (Aufnahme von Fuchsin aus Fuchsin-Jodgrün-Gemisch, Violettfärbung in Safranin-Gentianaviolett-Orange) auch mit dem sonstigen Verhalten des Kinoplasmas übereinstimmen.

¹⁾ STRASBURGER, Ueber das Verhalten des Pollens etc., Histologische Beiträge, Heft IV S. 60.

²⁾ PFEFFER, Pflanzenphysiologie Bd. I S. 41.

³⁾ STRASBURGER, Die Ontogenie der Zelle seit 1875, Progressus rei botanicæ Bd. 1, Heft 1 S. 47 (1907).

⁴⁾ Die Ontogenie der Zelle S. 47. Vgl. auch Bonner Lehrbuch (1906) S. 51.

⁵⁾ Die Ontogenie der Zelle S. 103. Vgl. auch MIEHE l. c.

Eine naheliegende Frage ist aber, wie sich die jetzt abgehandelten Verbindungsfäden zu den gewöhnlichen »Plasmasträngen» verhalten. STRASBURGER hebt selbst hervor¹⁾, dass »mit den Fäden, welche das active Kinoplasma bildet, fadenförmig getrennte Trophoplasmamassen nicht verglichen werden dürfen, wie solche den Saftraum pflanzlicher Zellen durchsetzen«, denn »derartige Trophoplasmafäden bleiben stets zurück, wenn der Zellkern bei Ausbildung des Saftraumes innerhalb dieses verharret, statt in wandständige Lage zu rücken«. Die Tatsache, dass der Zellkern in den meisten der vorhin behandelten Fällen tatsächlich eine wandständige Lage eingenommen hat, kann an und für sich schwerlich als Beweis gegen die trophoplasmatische Natur der Verbindungsfasern ausreichen; entscheidend ist hier aber in erster Linie der organische Zusammenhang mit dem Zellkern, resp. mit der Kernmembran. Doch soll es nicht in Abrede gestellt werden, dass es Fälle giebt, wo die Mächtigkeit und teilweise granulirte Beschaffenheit der Verbindungsfäden so lebhaft an gewöhnliche Plasmastränge erinnert, dass man beim ersten Blicke wenigstens geneigt wird, die betreffenden Structuren dem Trophoplasma beizuzählen. Diese Auffassung erhält oft eine scheinbare Stütze, wenn man die einschlägigen Verhältnisse an Alkoholmaterial studirt. In den lebenden Epidermiszellen von *Tulipa* z. B. sieht man schon bei mässiger Vergrößerung die vom Kern ausgehenden Fasern, deren nähere Relationen zur Kernmembran am lebenden Material wenig deutlich hervortreten und die durch ihre Mächtigkeit gleich an die traditionellen Plasmastränge, d. h. Trophoplasmastränge, erinnern. Werden nun diese Zellen z. B. in Alkohol fixirt, so umgiebt sich der Kern mit einer dunklen, scharf kontourirten Membran, die wenigstens teilweise ganz sicher ein Artefact ist, und der Zusammenhang zwischen dem Kern und den meistens durch die Alkoholeinwirkung mehr oder minder desorganisirten Ausläufern wird derartig gelockert oder vernichtet, dass ein ganz irreführendes Bild entsteht, indem die Ausläufer, wenn sie überhaupt noch zu sehen sind, sich als Plasmastränge ohne organische Verbindung mit dem Kern präsentiren. Wie der Alkohol wirken auch andere Fixierungsmittel z. B. das FLEMMINGSCHES, KAISERSCHES Gemisch u. s. w.

Indessen scheint es kaum möglich, eine scharfe Grenze zu ziehen zwischen solchen Kernausläufern, die unzweifelhaft als kinoplasmatisch zu bezeichnen (u. A. weil sie kontinuierlich in den Kern übergehen) und solche von der Zellkerngegend ausstrahlenden Strängen, die vorwiegend trophoplasmatischer Natur sind. Sogar in Nachbarzellen eines bestimmten Gewebes, z. B. in den peripher gelegenen Zellen der Kartoffelknolle, findet man zwischen Zellkern und Leukoplasten theils hyalin-homogene Verbindungsfäden, welche ohne Grenze in die dünne ebenfalls hyaline Kernmembran übergehen, theils gröbere, in ihrem centralen Teile grobgranulirte Stränge, welche centripetal zu einer den Kern umgebenden, relativ dicken Hülle zusammenstrahlen (Vgl. Fig. 9, 10, 10 b); im ersterem Falle handelt es sich offenbar

¹⁾ Ueber Cytoplasmastructuren, Kern- und Zellteilung, Jahrb. f. wiss. Botanik Bd. XXX (1897) p. 377.

um typisch kinoplasmatische Fasern, im letzteren Falle hat man wohl Gebilde vor sich, die sowohl aus Kinoplasma wie Trophoplasma bestehen¹⁾. Nun können aber die Verbindungsfäden von Zeit zu Zeit erhebliche Veränderungen untergehen, die sich am lebenden Material unter dem Mikroskop direkt verfolgen lassen: sie können, wie vorhin geschildert wurde, lokal anschwellen, was gewöhnlich mit einer eintretenden Granulierung des Inhalts verbunden ist, oder sie können bis zur Unsichtbarkeit reduziert werden. Wenn diese sich oft in auffallend raschem Tempo abspielenden Veränderungen in bestimmten Fällen als Folgeerscheinungen eines traumatischen Reizes zu betrachten sind, so lässt sich doch kaum bezweifeln, dass auch im normalen Leben der Pflanze derartige Transformationen gelegentlich vorkommen, und auch von diesem Gesichtspunkte scheint es geboten, die betreffenden Strukturen nicht allzu schematisch aufzufassen. Übrigens hat ja PFEFFER schon vor Jahren darauf hingewiesen²⁾, dass »ein Wechsel des Aggregatzustandes, wie ihn etwa Gelatine beim Erwärmen und Erkalten durchmacht, voraussichtlich vielfach eine Rolle im Dienste des Lebensgetriebes spielt«, und dass demgemäss »einzelne Stoffteilchen, etwa Eiweissmoleküle abwechselnd im flüssigen und festeren Zustande vorhanden sind«. Wenn man die Veränderungen, welche die Verbindungsfäden in gewissen Fällen erfahren, genau unter dem Mikroskop verfolgt, bekommt man oft den Eindruck, dass gerade ein solcher Wechsel des Aggregatzustandes hier mit im Spiele ist.

Ein Umstand, der ebenfalls für die kinoplasmatische Natur der hier abgehandelten Differenzierungen spricht, ist ihr Verhalten gegenüber der Temperatur. In solchen Pflanzenteilen, welche eine Zeit lang niedriger Temperatur ausgesetzt waren resp. im Winter direkt aus dem Freien geholt wurden, erwiesen sich die betreffenden Strukturen meistens schwach ausgebildet, wenn sie auch in gewissen Fällen recht deutlich zu sehen waren; dagegen bewirkte die Wärmezufuhr fast immer eine Erstarkung und numerische Zunahme der Verbindungsfäden. Auch in dieser Hinsicht besitzen also die Verbindungsfäden die Eigenschaften des typischen Kinoplasmas³⁾.

In diesem Zusammenhange mögen auch die von NEMEC beschriebenen »reizleitenden Strukturen« Erwähnung finden. HABERLANDT, der die betreffenden Strukturen zuerst als kinoplasmatische Fasern auffassen wollte, gab später diese Auffassung auf, u. A. weil er in den betreffenden Strängen bei *Allium* eine lebhaft Plasmaströmung vorfand. Obgleich das Vorhandensein einer Plasmaströmung an und für sich nicht gern ein Argument gegen die kinoplasmatische Natur eines

¹⁾ Dies dürfte auch der Fall sein mit den in den *Orchideknollen* von der Kerngegend ausstrahlenden, meistens oft dicken Plasmasträngen; in manchen von diesen Strängen scheint eine morphologische Differenzierung in Kino- und Trophoplasma nicht vorhanden sein, andererseits habe ich bisweilen eben in diesen Zellen eine deutliche Differenzierung innerhalb der betreffenden Elemente wahrgenommen, indem die dicken Trophoplasmastränge von feinen central verlaufenden Kinoplasmafäden durchsetzt waren.

²⁾ PFEFFER, Pflanzenphysiologie Bd. I S. 38.

³⁾ Vgl. hierüber STRASBURGER, Die Ontogenie der Zelle S. 79.

Zellbestandteiles sein kann — sahen wir doch vorhin, dass in den MIEHESchen Kinoplasmafäsern (bei *Hyacinthus*) gelegentlich eine recht lebhaft Strömung auftreten kann — so glaube ich doch, auch auf Grund eigener Beobachtungen, dass HABERLANDTs Ansicht über die Natur der betreffenden Strukturen bei dem von ihm untersuchten Objekte (Wurzel von *Allium Cepa*) das richtige trifft, und dass es sich also hier um »längsfaserige Strukturen strömenden (Tropho-)Plasmas« handelt. Andererseits meine ich aber sicher behaupten zu können, dass einige von den von NEMEC beschriebenen Strukturen wirklich kinoplasmatischer Natur sind und überhaupt den in dieser Arbeit behandelten Differenzierungen entsprechen. Es gilt dies vielleicht in erster Linie von den der Wurzel des *Asplenium decussatum*¹⁾ entnommenen Bildern, aber auch andere Objekte z. B. die Zellen aus der Wurzel von *Equisetum arvense*, *Zannichellia palustris* lassen²⁾ unzweideutige Beziehungen zu den uns interessierenden Strukturen erkennen. In allen diesen Fällen handelt es sich um von dem Kern ausgehende Stränge, welche doch keinerlei Beziehungen zu den Chromatophoren zeigen.

Von trophoplasmatischen Ansammlungen im gewöhnlichen Sinne bestimmt verschieden sind auch diejenigen plasmatischen Gebilde, die besonders schön in den Zwiebeln von *Tulipa* und *Lilium* aufgefunden wurden, und die zum guten Teil aus durch eine cytoplasmatische Zwischensubstanz zusammengekitteten Leukoplasten bestehen. Da diese Zwischensubstanz, in der die Leukoplasten oft bis zur Unsichtbarkeit eingebettet liegen, einerseits in die Kernmembran, andererseits in typische »Aufhängfasern« übergeht, so muss sie wohl auch als Kinoplasma angesprochen werden. Dass das Kinoplasma eine bestimmte Neigung hat sich um den Kern anzusammeln hat übrigens STRASBURGER schon vor Jahren hervorgehoben³⁾.

Was schliesslich die chemische Qualität der die Verbindungsfäden aufbauenden Eiweissstoffe betrifft, so wird man es sicher verständlich finden, wenn ich mit Rücksicht auf diesen Punkt vorläufig den Standpunkt des Agnostikers einnehme. Denn so lange wir z. B. über die Natur der in den Laubblättern vorhandenen Proteinstoffe gar nichts sicheres wissen⁴⁾, wäre es doch recht verfehlt, wollte man z. B. mit den von ZACHARIAS eingeführten mikrochemischen Methoden Aufschlüsse über die chemische Natur der in den Epidermiszellen von *Hyacinthus* vorhandenen Kinoplasmafäsern bekommen. Denn wenn auch der von ZACHARIAS angewiesene Weg in bestimmten Fällen zu sehr beachtenswerten Resultaten geführt hat, so liegen die Verhältnisse doch wesentlich anders, wenn es sich um ausgewachsene vegetative Zellen handelt, deren Plasmaschlauch zuerst der oxydirenden Wirkung der Osmiumsäure, dann der fällenden Wirkung des Alkohols und obendrein dem unkontrollierbaren Gemisch der im Zellsaft gelösten Pflanzensäuren, Gerbstoffe u. s. w. aus-

¹⁾ NEMEC, l. c. Taf. I, Fig. 4.

²⁾ NEMEC, l. c. Taf. I, Fig. 13 u. Fig. 3; auch Taf. I, Fig. 1 bei X.

³⁾ STRASBURGER, Histologische Beiträge Heft 5 S. 102.

⁴⁾ Vgl. CZAPEK, Biochemie Bd. II S. 201.

gesetzt wurde. In Anbetracht dieser Verhältnisse und bei gleichzeitiger Berücksichtigung der gegenwärtigen Lage der pflanzlichen Eiweisschemie, habe ich es von vornherein für ziemlich aussichtslos gehalten, auf mikrochemischem Wege einige Aufschlüsse über die chemische Natur der hier abgehandelten Strukturen zu gewinnen und verzichte auf die Erwähnung meiner in dieser Richtung gemachten bisjetzt erfolglosen Versuche. Dass die betreffenden Differenzierungen aus dem rot-blauen Gemisch des Fuchsin, aus einer Safranin-Gentianaviolettlösung mit Vorliebe den letzteren Farbstoff aufnehmen, besagt natürlich in chemischer Hinsicht gar nichts.

Wollen wir nach diesen Auseinandersetzungen die gewonnenen Ergebnisse noch einmal in aller Kürze zusammenfassen, so können wir also sagen, dass in den untersuchten Füllen der Zellkern von einer kinoplasmatischen Hülle (Membran) umgeben ist, welche sich in — ebenfalls kinoplasmatische — Ausläufer fortsetzt, die den Zellkern einerseits mit den Chloroplasten resp. Leuko- oder Elaioplasten, andererseits mit dem Hyaloplasma¹⁾ verbinden. In dieser Weise wird also der Zellkern durch morphologisch differenzierte Elemente sowohl mit der Hautschicht wie mit den vorwiegend nutritiv wirksamen Chromatophoren verbunden. Es braucht kaum hervorgehoben zu werden, dass diese Befunde sehr wohl mit den allgemeinen Anschauungen harmonieren, die STRASBURGER in den letzten Jahren über das Verhalten des Kinoplasmas zum Zellkern entwickelt hat, giebt er doch in jüngster Zeit an, dass der Zellkern in embryonalen und meristematischen Geweben normal mit dem Hyaloplasma durch Kinoplasmafäden verbunden ist²⁾. Dass vielfach auch in ausgewachsenen Zellen analoge Verbindungsfäden nicht nur zwischen Zellkern und Hyaloplasma, sondern auch zwischen Zellkern und Chromatophoren existieren, scheint indessen dem berühmten Bonner-Forscher bisjetzt entgangen zu sein.

Eine Frage, die natürlich von grösster Wichtigkeit ist, betrifft die Verbreitung der hier beschriebenen Strukturen im Pflanzenreich. Handelt es sich um Ausnahmefälle, oder ist der Zellkern normalerweise durch besondere Kinoplasmafäden mit den Chromatophoren verbunden? Ich glaube, die letztere Alternative ist die wahrscheinlichere, wenn man die Einschränkung macht, dass die Ausbildung der fraglichen Strukturen sowohl von inneren Bedingungen (Altersstadium, Winterruhe u. s. w.) wie von äusseren Umständen (Temperatur, traumatischer Reiz u. s. w.) beeinflusst wird. Denn für die allgemeine Verbreitung dieser Strukturverhältnisse — wenigstens bei den höheren Pflanzen — spricht recht deutlich der Umstand, dass ganz analoge Befunde bei systematisch sehr fernstehenden, auf geradewohl herangezogenen Pflanzen gemacht wurden; man vergleiche nur die Strukturen

¹⁾ Diese Fasern wurden, als schon durch MIEHE u. A. relativ bekannt, in dieser Arbeit weniger berücksichtigt.

²⁾ Die Ontogenie der Zelle (1907) S. 93.

einerseits in den Speicherorganen von *Solanum tuberosum*, *Anemone nemorosa*, *Lilium candidum*, *Tulipa Gesneriana* und *Galanthus nivalis*, andererseits in den chlorophyllführenden Zellen von *Aucuba japonica*, *Ranunculus Lingua* und *Pyrola minor*! Dass indessen sich auch die Verhältnisse innerhalb der Zelle anders gestalten können lehren ja die vorhin erwähnten Statocysten von *Hyacinthus* (Vgl. S. 22), und auch in alternden Zellen scheint der organische Zusammenhang zwischen Zellkern und Chromatophoren allmählich gelockert resp. vernichtet zu werden. Andererseits ist es klar, dass wenn die Chloroplasten so dicht an einander und an dem Zellkern liegen wie es in z. B. in manchen Palissadenzellen der Fall ist, besondere Verbindungsfäden überflüssig werden.

Wie sich die mit Chromatophoren ausgerüsteten Thallophyten in der uns interessierenden Beziehung verhalten, habe ich nicht untersucht, halte es aber auf Grund der schon eingangs erwähnten Litteraturangaben für recht wahrscheinlich, dass auch bei den Algen analoge Strukturverhältnisse vorhanden sind.

III. Die physiologische Bedeutung der kinoplasmatischen Verbindungsfäden.

Es wurde in der vorigen Darstellung absichtlich darauf verzichtet, irgendwelche Hypothesen über die physiologische Rolle der in dieser Arbeit beschriebenen Verbindungsfäden aufzustellen, weil es bekanntlich immer eine missliche Sache ist, morphologische Tatsachen ohne weiteres physiologisch verwerten zu wollen. Übrigens ist es auch zu bedenken, dass die Rolle des Zellkerns in vorwiegend nutritiv tätigen Zellen noch keineswegs aufgeklärt ist, und ob z. B. die Chloroplasten an der in den Blättern *voraussichtlich* normal stattfindenden Eiweissynthese beteiligt sind, wissen wir gegenwärtig nicht¹⁾, wenn auch dies uns recht plausibel vorkommt. Aber auch wenn das tatsächlich der Fall sein würde, wäre es ja doch keineswegs ausgeschlossen, dass der Zellkern, wie STRASBURGER schon vor Jahren vermutete, zur Bildung der Eiweissstoffe in Verbindung stehe²⁾. Auch die Frage von dem Einfluss des Kerns auf Chlorophyll- und Fermentbildung in der Zelle u. s. w. schwebt noch völlig in der Luft.

Immerhin wurden im Vorigen einige Beobachtungen mitgeteilt, welche, wenn sie auch an und für sich wenig beweisen, doch als Anregung zu experimentellen Untersuchungen einiges Interesse beanspruchen können. Ich denke dabei in erster Linie an die S. 13 erwähnten Bewegungen der Chloroplasten, bei denen die Verbindungsfäden offenbar eine gewisse Rolle spielen, und zwar nicht nur als passive Translocationsbahnen, sondern anscheinend auch als aktiv wirksame Bewegungsmechanismen. Wenigstens erhielt ich durch genaue Beobachtung der einschlägigen Verhältnisse bei *Ranunculus Lingua* den bestimmten Eindruck, dass die Chloro-

¹⁾ Vgl. CZAPEK, Biochemie Bd. II S. 204 u. ff.

²⁾ STRASBURGER, Zellbildung u. Zellteilung, 3. Aufl. S. 371.

plasten durch lokal auftretende und sich nach einer bestimmten Richtung hin ausbreitende Anschwellungen der Verbindungsfäden nach dem Kern (oder von ihm weg) befördert wurden. Auch lenkten die betreffenden Vorgänge unwillkürlich den Gedanken auf die von PFEFFER ¹⁾ hervorgehobene Möglichkeit eines Wechsels des Aggregatzustandes, wobei die Eiweissmoleküle abwechselnd in flüssigem und in festerem Zustande vorhanden sind. Dass ein solcher Wechsel des Aggregatzustandes Translocationen, etwa von Chloroplasten, innerhalb des Protoplasten bewirken könne, lässt sich wohl kaum bezweifeln, doch liegt ein näheres Eingehen auf diese Verhältnisse ausserhalb des Rahmens der vorliegenden Arbeit.

Ausserdem scheint es sehr plausibel, dass der Stoffaustausch zwischen Kern und Cytoplasma resp. zwischen Kern und Chromatophoren, wenn ein solcher überhaupt stattfindet, durch die mehrfach erwähnten Verbindungsfäden vermittelt wird. Ich denke hierbei an die mikroskopisch nicht wahrnehmbare Aufnahme resp. Abgabe gelöster Stoffe; denn die in den Kinoplasmafäden bisweilen auftretende Plasmaströmung scheint nur in den Fäden selbst und in der dem Cytoplasma angehörigen Kernmembran aufzutreten; ein mikroskopisch wahrnehmbares Hinaustreten der eigentlichen Kernsubstanz in die Kinoplasmafäden ist mir nur in Ausnahmefällen begegnet, und dann augenscheinlich als Reaktion auf einen traumatischen Reiz. Eine andere Sache ist es offenbar, wenn der Zellkern amöbenartig in diesen oder jenen Ausläufer hineinkriecht, und in dieser Weise eine Lageveränderung des ganzen Kernes erzielt wird.

Dass übrigens die verschiedenen Reize, welche eventuell vom Zellkern zu den anderen Organen des Protoplasten entsendet werden, durch die in dieser Arbeit beschriebenen Kinoplasmafäden vermittelt werden, erscheint auch recht wahrscheinlich, besonders wenn man sich daran erinnert, dass die betreffenden Strukturen den Höhepunkt ihrer morphologischen Differenzierung in solchen Organen resp. Geweben erreichen, wo die Chromatophoren zu besonderen Leistungen aktiviert werden sollen (Chlorophyllbildung in ergrünenden Rhizomen und Zwiebeln, Stärkebildung resp. Stärkeauflösung u. s. w.). Solange wir aber von den physiologischen Beziehungen zwischen Zellkern und Chromatophoren nicht mehr wissen als es gegenwärtig der Fall ist, dürfte es indessen kaum berechtigt sein, die hier abgehandelten Verbindungsfäden als reizleitende Strukturen anzusprechen, wenn auch eine solche Annahme manches für sich hat; vielleicht werde ich in absehbarer Zeit in der Lage sein, diese noch ziemlich dunklen Verhältnisse auf experimentellen Wege etwas aufzuhellen.

¹⁾ PFEFFER, Pflanzenphysiologie Bd. I S. 38.

Figurerklärung.

Alle Figuren sind nach Camera und mit wenigen Ausnahmen (*Hæmanthus*, *Tulipa*: Leitz' Obj. 7) mit Zeiss' homog. Immers. gezeichnet.

Tafel I.

- Fig. 1, 2, 3. Zellen aus dem Rindenparenchym von *Ranunculus Lingua*. Fixirung nach der Osmium-Alkoholmethode. Die hellen Partien in den Chloroplasten sind Stärkekörner.
- › 4. Lebende Zelle aus dem Rindenparenchym von *R. Lingua*.
 - › 5. Epidermiszelle aus dem submersen Rhizom von *R. Lingua*. Fixirung: Osmium-Alkohol.
 - › 6, 7. Rhizom von *Anemone nemorosa*: Zellkern von Stärkekörnern umgeben. Fixirung: Osmium-Alkohol.
 - › 8. Epidermiszelle aus *Rumex Acetosus*. Fixirung: Osmium-Alkohol.
 - › 9, 10. Zellkerne mit Stärkekörnern aus den peripheren Zellen einer ergrünten Kartoffel. Fixirung: Osmium-Alkohol.

Tafel II.

- Fig. 10 b. Zellkern mit Stärkekörnern aus einer ergrünten Kartoffel. Fixirung: Osmium-Alkohol.
- › 11. Zellkern mit Chloroplasten aus einer Epidermiszelle der unteren Blattseite von *Crepis grandiflora*. Fixirung: Osmium-Alkohol.
 - › 12. Epidermiszelle der unteren Blattseite von *Aucuba japonica*. Fixirung: Osmium-Alkohol.
 - › 12 b, 12 c. Zellkerne aus dem Schwammparenchym von *Aucuba viridis*. Osmium-Alkohol.
 - › 13. Epidermiszelle der unteren Blattseite von *Pyrola minor*. Fixirung: Osmium-Alkohol.
 - › 14. Zellkern mit Chloroplasten aus einer Mesophyllzelle von *Sempervivum arboreum*. Fixirung: Osmium-Alkohol.
 - › 15, 16, 17. Zellkerne mit Stärkekörnern aus den peripheren Zellschichten einer ergrünten Zwiebel von *Hyacinthus orientalis*. Fixirung: Osmium-Alkohol.
 - › 17 b. Zellkern aus einer Statolithenzelle im Stengel von *Hyacinthus*.
 - › 17 c. Zellkern aus dem Rindenparenchym des Stengels von *Hyacinthus*.
 - › 18. Epidermiszelle aus dem Blatte von *Hyacinthus orientalis*. Fixirung: Osmium-Alkohol.
 - › 19. Zelle aus dem Wurzelplerom von *Hyacinthus orientalis*. Fixirung: Osmium-Alkohol Mikrotombehandlung.

Tafel III.

- Fig. 20. Zellkern mit einem zusammengesinterten Haufen von Leukoplasten aus den peripheren Zellschichten einer Zwiebel von *Lilium candidum*.
- › 20 b. Zellkern mit Stärkekörnern aus der Zwiebel von *Lilium candidum*. Osmium-Alkohol.
 - › 21. Epidermiszelle aus dem Blatte von *Tulipa Gesneriana*. Osmium-Alkohol.

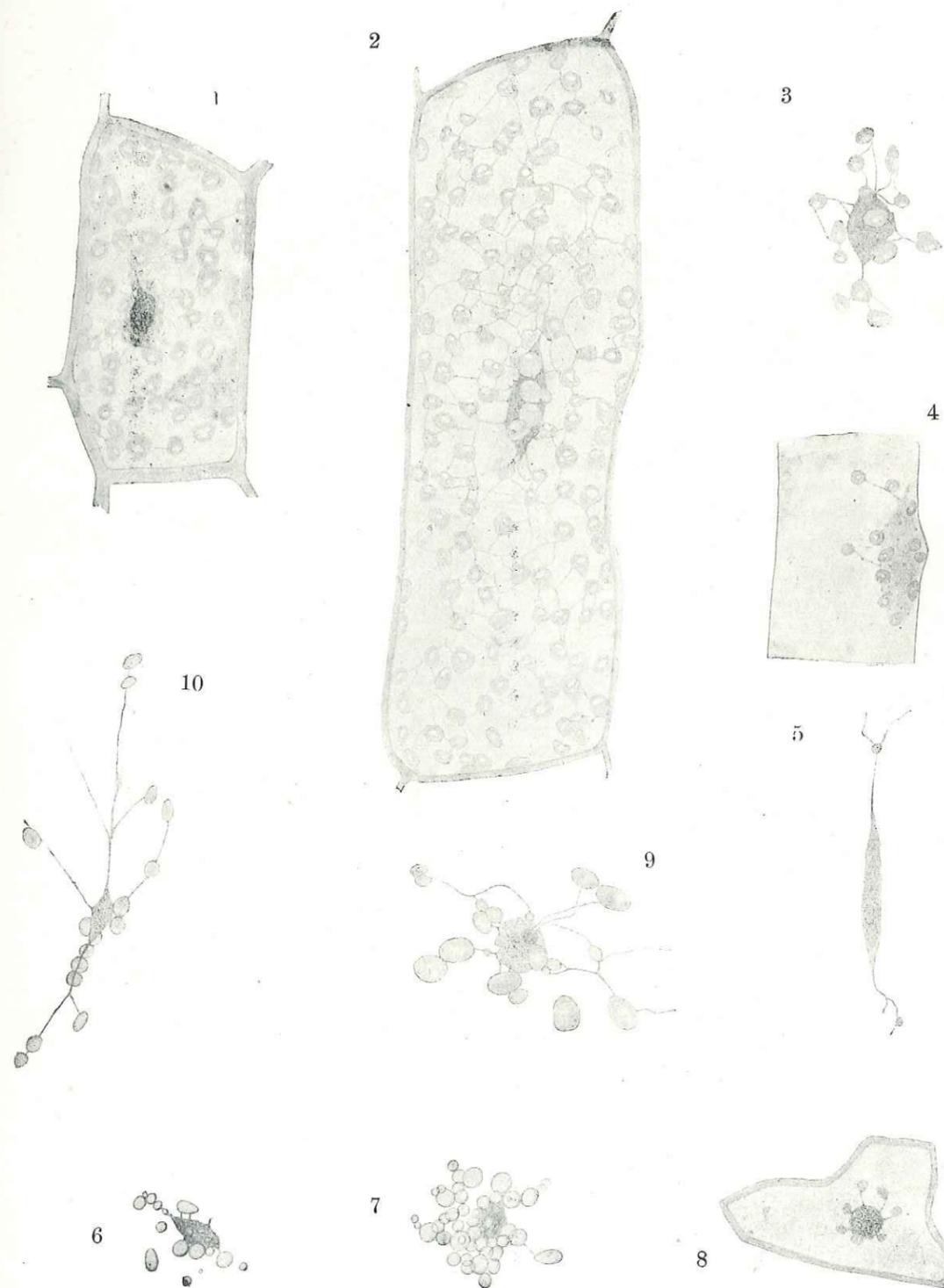
Fig. 21 b. Zellkern aus einer lädirten Epidermiszelle von *Tulipa Gesneriana*. Der abgerundete, grobgranulirte Kern ist von einer scharf abgesetzten Membran umgeben; ringsum die desorganisirten Reste der Verbindungsfäden.

- › 22, 22 b. Zellkern mit Stärkekörnern aus der Zwiebel von *Tulipa Gesneriana*. Osmium-Alkohol.
- › 22 c, 23. Zellkern mit angewachsenen leukoplasthaltigen Kinoplasmaansammlungen in den peripher gelegenen Zellen der Zwiebel von *Tulipa Gesneriana*. Der Zellkern ist dunkler gehalten. Osmium-Alkohol.
- › 24. Zellkern mit Stärkekörnern aus der Zwiebel von *Narcissus poeticus*. Osmium-Alkohol.
- › 25 a. Zellkern mit Chloroplasten und Verbindungsfäden aus dem Mesophyll von *Rhodea japonica*. Osmium-Alkohol.
- › 25 b = 25 a, aber die Zelle vor der Fixirung lädirt, und der Zellkern infolgedessen schlecht fixirt; die Verbindungsfäden mit den Chloroplasten gänzlich zerstört.
- › 26, 26 b, 27. Epidermiszellen aus dem Blatte von *Galanthus nivalis*. Osmium-Alkohol.
- › 28. Zellkern mit Stärkekörnern aus der Zwiebel von *Galanthus nivalis*. Osmium-Alkohol.

Tafel IV.

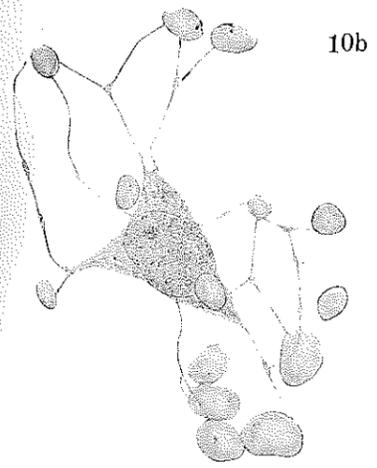
Fig. 29, 30, 31, 32. Zellkerne und Elaioplasten aus den Epidermiszellen des Blattes von *Hemanthus coccineus*. Fixirung: Osmium-Alkohol.

- › 33. Zellkern mit Ausläufern und leukoplasthaltigen Kinoplasmaansammlungen aus der Wurzelknolle von *Orchis angustifolia*. Osmium-Alkohol.
- › 34. Zelle aus der Wurzelknolle von *Orchis angustifolia* mit einem maulbeerähnlichen Haufen von Stärkekörnern, in dessen Mitte der (auf dem Bilde nicht sichtbare) Zellkern sich befindet.
- › 35. Zellkern mit Ausläufern aus der chloroplastführenden Epidermis von *Asplenium decussatum*. Osmium-Alkohol.
- › 36. Epidermiszellen aus dem Blatte von *Asplenium decussatum*. Rechts oben ein Zellkern mit Fettdegeneration. Osmium-Alkohol.
- › 37. Eine Epidermiszelle aus dem Blatte von *Asplenium decussatum*, vor der Fixirung lädirt; die Verbindungsfäden desorganisirt, der Kern abgerundet und von einer scharf abgesetzten Membran umgeben. Osmium-Alkohol.
- › 38. Schliesszelle aus dem Blatte von *Asplenium decussatum*.
- › 39—40. Chloroplastführenden Zellen aus der Rinde von *Selaginella Martensii*.

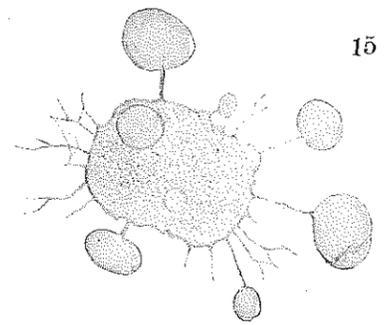


Gezeichnet von HERIBERT NILSSON.

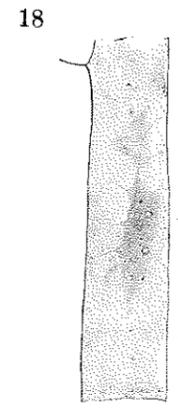
Håkan Ohlssons boktr., Lund.



10b



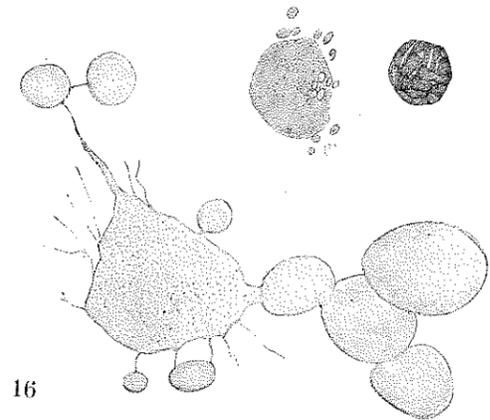
15



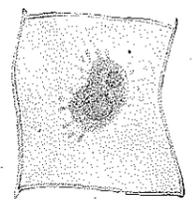
18

17c

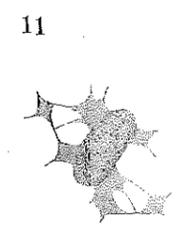
17b



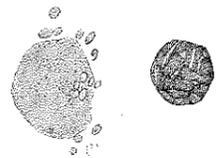
16



19



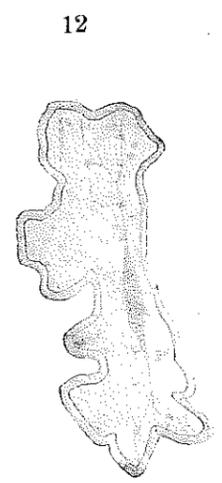
11



17c



17b



12



12b

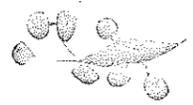


17



13

12c



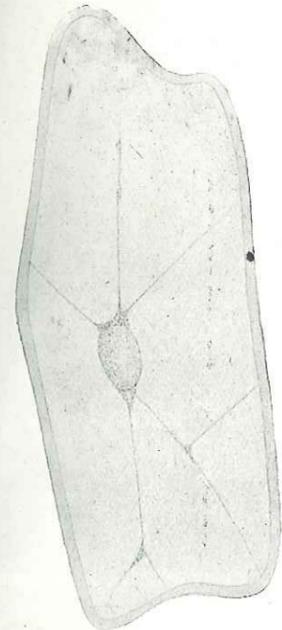
14



Gezeichnet von HERIBERT NILSSON.

Håkan Ohlssons boktr., Lund.

21



21b



25a



25b

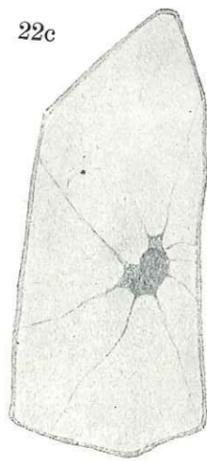
22



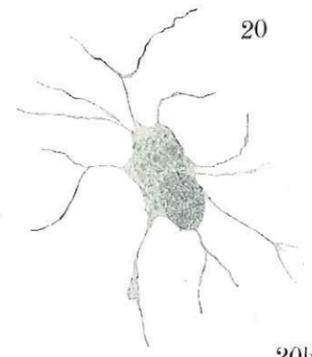
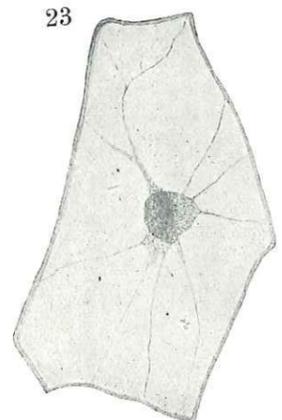
22b



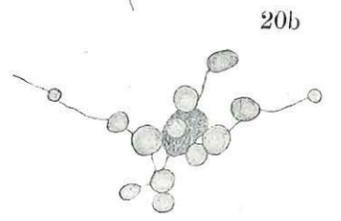
22c



23



20



20b

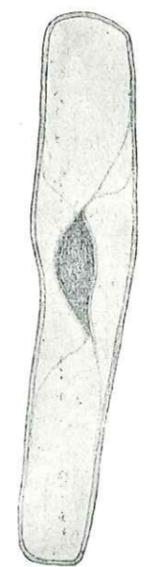
26



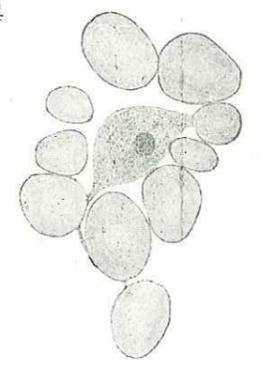
26b



27

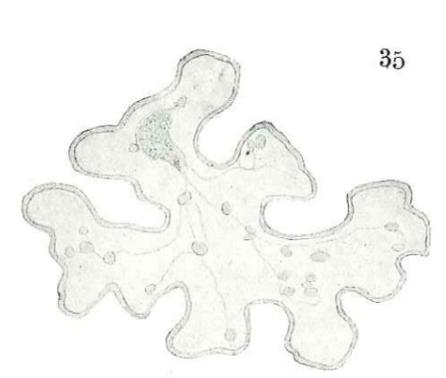


24

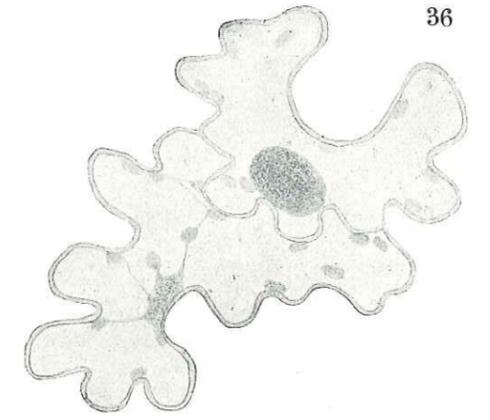


28

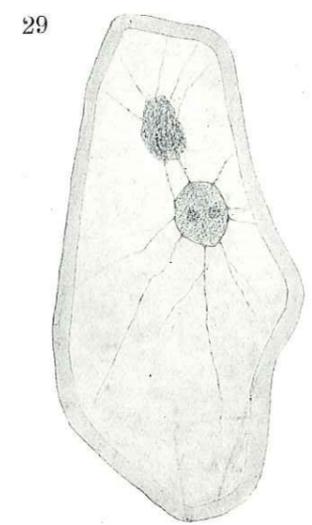




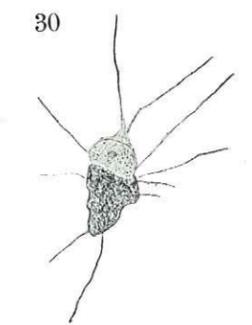
35



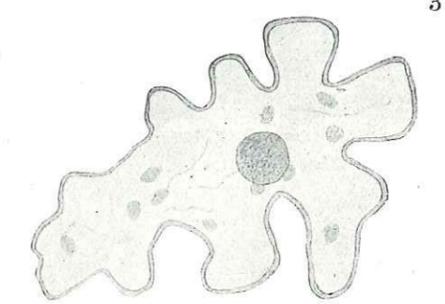
36



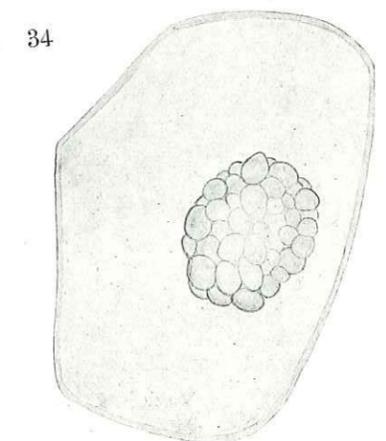
29



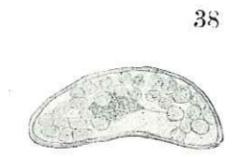
30



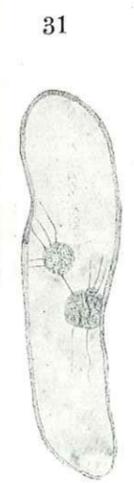
37



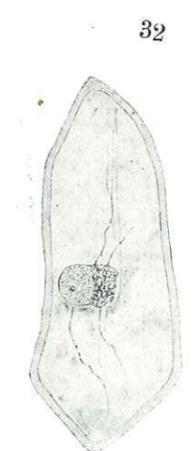
34



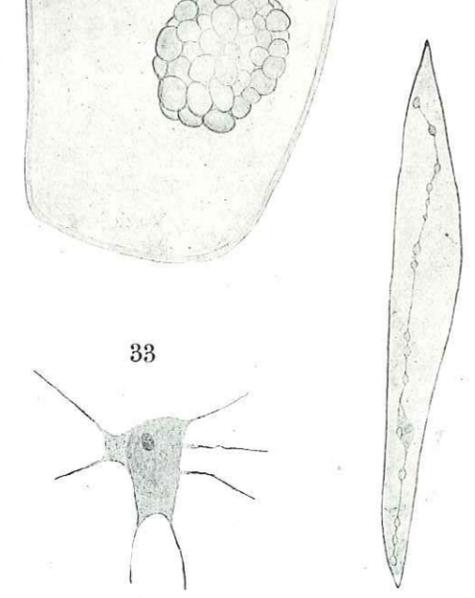
38



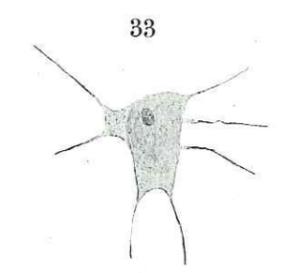
31



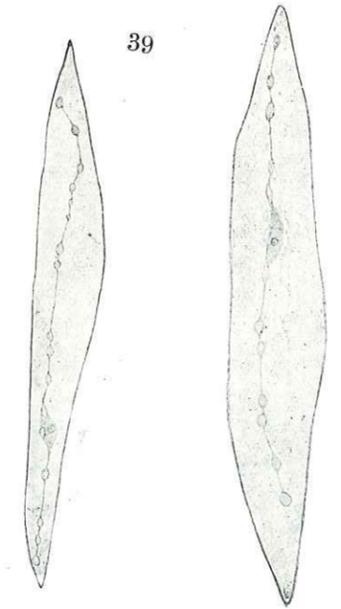
32



39



33



40

Gezeichn. von HERIBERT NILSSON.

HÅkan Ohlssons boktr., Lund.