Über die Plasmorrhhyse nackter Protoplasten in hypertonischen Medien I

Von H. PFEIFFER, Bremen (Deutschland)

Eingegangen am 29. September 1931

1. Alle Bemühungen zur Züchtung pflanzlicher Gewebe in vitro haben im besten Falle zur Erzielung weniger Zellteilungen oder häufiger zu partiellem Wachstum geführt, gewöhnlich aber nur ein Überleben des Objektes für eine gewisse Dauer ergeben (10, 424). Neuere Versuche unter Bevorzugung eines spontan sich in Einzelzellen isolierenden Gewebes (Beerenperikarprien hauptsächlich von *Solanum nigrum* und *Vitis vinifera*) haben gleichfalls nicht das Ziel der Erlangung von Teilungen erreichen lassen, sondern nur eine wechselnde Zeit des Überlebens der Zellen in vitro ermöglicht (10, 427 f.). Es ist weiter bekannt (7, 255 f.), daß schon häufig (G. KLEBS, M. O. REINHARDT, K. SHIBATA, L. v. PORTHEIM, E. LÖWI, ISABURO-NAGAI, G. HABERLANDT, W. ZIMMERMANN, S. PRÁT, H. PFEIFFER u. m. a.) durch plasmolytischen Reiz und nachherige Überführung in hypotonische Lösungen (Deplasmolyse) die Teilungstätigkeit von Zellen anzuregen gelungen ist. So hat erst kürzlich H. PFEIFFER (7, 267, 281) die HABERLANDTschen Experimente mit *Elodea* wiederholt und die Abgliederung kernloser Cytoplasten mit gesetzmäßigen Variationen des Permeabilitätsgrades in Beziehung zu setzen versucht, wie sie verständlicherweise durch den plasmolytisch-deplasmolytischen Reiz induziert werden müssen. Das positive Gelingen derartiger Teilungsanregungen gab daher einen Anreiz zur Anwendung jener Methode auch auf die spontan sich isolierenden Zellen pflanzlicher Beerenperikarpe.

2. Es kann hier nicht unternommen werden, die hohe Bedeutung des Plasmolyseversuches für die Physiologie (Anregung zur Kernteilung, Gewinnung kernloser oder abnorm großer Protoplasten usw.) und physikalische Chemie des Protoplasmas (osmotischer Druck, Saug-

spannung, Permeabilität, Ermittlung des IEP u. dgl.) auch nur in großen Zügen zu umreißen. Nach den vom Osmometer der Physiker her bekannten Vorgängen beruht die Erscheinung bekanntlich darauf, daß in hypertonischen Lösungen infolge der Semipermeabilität der Plasmaoberfläche Lösungsmittel nach außen übertritt (§ 6), die Vakuole sich also verkleinert und der Plasmaschlauch sich von der Zellwand abhebt, während der Eintritt gelöster Stoffe nicht möglich ist (Begriff der Semipermeabilität).

Es leuchtet sofort ein, daß somit eine Plasmolyse durch das hypertonische Medium nur dann bewirkt werden kann, wenn wie etwa typisch bei der Pflanze die Zelle mit Cytoplasma und Zellsaft erfüllt und von einer Zellulosewand umgeben ist. Es werden also z. Bsp. ganz oder überwiegend nur von Plasma erfüllte Zellen, wie von Cyanophyceen, Oscillatorien (G. SCHMID), Gloiotrichien (H. KLEBAHN), Actinomyceten (R. LIESKE), atmophytischen Chlorophyceen (F. E. FRITSCH u. F. M. HAYNES) u.a. in hypertonischen Medien nicht plasmolysiert werden können, besonders wenn überdies, wie bei *Bangia* (H. WALTER), die Zellwand quellbar ist (6, 36 f.). Gewöhnlich können sie höchstens Schrumpfungen erleiden und eine Kräuselung oder Knitterung ihrer Oberfläche, aber keine Abhebung der Protoplasten von der Wand erfahren (3, 14). Jenes Kriterium ist ferner vor allem für die tierische Zelle unbrauchbar (4, 396), sofern nicht, wie etwa im Cystenstadium von Amöben und Infusorien, auch hier eine feste Wand ausgebildet ist. An Zellen mit dicht unter der Oberfläche verlaufenden Stützfasern als formgebenden Elementen (Spermatozoon von *Helix nemoralis*) hat zwar N. K. KOLTZOFF mittels hypotonischer Lösungen eine gewissermaßen spiegelbildliche Umkehrung der Plasmolyse erzielt, weil sich die Plasmahaut an solchen Objekten durch die quellende Wirkung des Mediums nach außen zu von den darunter liegenden Stützfasern abheben läßt (4, 396). Die überwiegende Zahl der tierischen und die in Pflanzenperikarpnien sich spontan isolierenden ebenfalls nackten Pflanzenzellen können aber wegen des Fehlens einer Zellwand nicht plasmolysiert werden.

Nackte Zellen erfahren in hypertonischen Lösungen vielmehr nur bestimmte Kontraktionen, welche wir im Gegensatz zu dem von H. DE VRIES geschaffenen Begriffe der Plasmolyse⁺) nach E. G. BALBIANI (1, 537) unter der Bezeichnung Plasmorrhhyse⁺⁺⁾ zusammenfassen haben. Ähnlich wie bei vielen plasmareichen und zellsaftreichen Pflanzenzellen

⁺) Abgeleitet von dem Griech. *λῶω*, ich löse, binde los.

⁺⁺⁾ Vom Griech. *ῥυτός*, runzelig oder gerunzelt.

ist nämlich die Formänderung der nackten Protoplasten oft mit einer Kräuselung oder Knitterung ihrer Oberfläche verknüpft.

Die nachfolgend kurz geschilderten Experimente haben nun vorerst nur das vorläufige Ziel verfolgt, die physikalische Chemie plasmorrhytischer Veränderungen an nackten Zellen ein wenig zu klären, bevor die weiter angestrebte Aufgabe der Kultur der Objekte in vitro (§ 1) aufgenommen werden kann. Deswegen ist auch ein zoologisches Objekt vergleichsweise herangezogen worden, dessen spätere Kultur nicht in Aussicht genommen ist.

3. Methodische Bemerkungen. — Als Ausgangsmedium ist für die pflanzlichen Perikarpzellen frisch hergestellter, filtrierter Beerenpreßsaft, für die Speicheldrüsen eine "sterilisierte" (isotonische) Tyrodelösung (12, 28) aus

NaCl	0,8
CaCl ₂	0,02
KCl	0,02
MgCl ₂	0,01
NaH ₂ PO ₄	0,005
NaHCO ₃	0,1
C ₆ H ₁₂ O ₆	0,1

in dest. Wasser ($\lambda=0,43-0,45$) benutzt worden. Für einige Versuche sind die Ausgangsmedien hypotonisch gemacht worden, und zwar bei dem botanischen Objekt durch Zusatz von Leitungs- und bei der Untersuchung der Speicheldrüsen durch solchen von destilliertem Wasser. Die häufiger verwendeten hypertonen Lösungen sind durch Zusatz von 0,5 n Kaliumnitrat- oder Rohrzuckerlösungen erhalten worden. Weiter wird für *Solanum nigrum* über den Einfluß wechselnder C_H der hypertonen Medien berichtet werden; die Ansäuerung der plasmorrhytisch wirksamen Lösungen ist durch weiteren Zusatz verdünnter HCl- und NaOH-Lösungen vorgenommen worden. Einige Versuche mit Speicheldrüsen sind auch nach Ansäuern einer stärker hypertonen Tyrodelösung ($\lambda=0,50-0,60$) mittels Acidum uricum puriss. angestellt worden. Die fernerhin untersuchte Wirkung der Vorbehandlung mit reiner oder schwach mit Jod versetzter Tanninlösung stützt sich genau auf die entsprechenden Angaben SCHNEIDERS (15, 43), während wir uns bei Anwendung des Reagens auf die Speicheldrüsen die reichen Erfahrungen SCHADES (14, 56 f.) zunutze machen. Dabei ist der frisch gewonnene Speichel 1-2 Min. in 0,9% NaCl-Lösung mit 0,1% Tanninzusatz geschwenkt und dann schnell die hypertone Tyrodelösung im Überschuß zugefügt

worden. Endlich sind an Speichelzellen zur Erkennung ihrer genetischen Natur einige Färbungsversuche mit dem panoptischen Gemisch (Kombination der Methode von R. MAY und L. GRÜNWALD mit der G. GIEMSAFärbung) nach A. PAPPENHEIM (12, 336) und nach der Methode von E. KARDOS (12, 337) vorgenommen worden.

Zur Beschaffung der nackten Pflanzenzellen werden wir am besten reife Beeren von *Solanum nigrum* oder *Vitis vinifera*, deren Perikarp sich zu verflüssigen beginnt, an einer mit Alkohol abgeriebenen Stelle mittels eines durch die Flamme gezogenen Skalpells anschneiden und den Beereninhalt, event. unter Mithilfe gleichfalls durch die Flamme gezogener Nadeln oder Ösen, lose auf einen sterilisiert bereit gehaltenen hohl geschliffenen Objektträger auftupfen. Als dann werden kleinere Materialtropfen mittels steriler Nadeln auf die zur Untersuchung verwendeten Deckgläser gebracht (10, 426). Die neben den nackten Protoplasten in dem gleichen Präparat auftretenden Zellfragmente sind bereits früher (5, 225 f., 8, 68) gekennzeichnet worden.

Zur Gewinnung des Speichelzellmaterials wird nach gründlicher Mundspülung mit 0,5% NaCl-Lösung ein Speicheltropfen vom Zungenrücken auf einen fettfrei gemachten (12, 24) Objektträger gebracht, mit ebenso behandeltem Deckglas versehen und bei starker Abblendung und hoher Vergrößerung frisch untersucht (12, 27, 314). Es ist zu vermeiden, daß der Tropfen für das Deckglas zu klein ist, da dann Luftblasen auftreten, die sich beim Mikroskopieren in etwas gehobener Tubuseinstellung als schwarz umrandete Kugeln oder Kreise recht störend bemerkbar machen können. Neben solchen und den bei leicht gehobenem Tubus ebenfalls dunkel umrandeten, gewöhnlich kleineren Fettpartikelchen in Tropfenform finden wir (12, 314) als größere Elemente fast stets abgestorbene Plattenepithelzellen der Mundschleimhaut in Flächenansicht, mit relativ kleinem Kern und in mittlerer Größe eben die gesuchten Speichelzellen, die ihrer Natur nach (Färbungsversuche nach 12, 342) teils als neutrophile Leukocyten, teils entweder als eosinophile Leukocyten oder als Lymphocyten aufzufassen sind und in dem hypotonischen Speichel (13, 251; 14, 43) unter geringer Quellung absterben. Schließlich treten, zumal auf den Epithelzellen, Bakterien und Kokken, die selbst bei peinlichster Mundpflege nicht ganz zu vertreiben sind, in oft riesiger Zahl auf.

4. Die Plasmorrhise nackter Pflanzenzellen.—Schon gelegentlich früherer Versuche, die über die Einführung von Indikatoren (8, 70) und über die Kultivierbarkeit (10, 427) mit Beerenperikarpzellen angestellt worden sind, haben wir nackte Pflanzenzellen in ihrem Verhalten gegenüber hypertonischen Medien zur Beurteilung des Lebenszustandes der Objekte (5, 227) untersucht (8, 69; 10, 430).

Die Beobachtung der in der angegebenen Weise (§3) gewonnenen Objekte erfolgt teils in filtriertem Beerenpreßsaft, teils in einer Mischung (4:1) desselben mit Kaliumnitrat- oder mit Rohrzuckerlösungen (hypertonisch gemachten Medien) oder mit Leitungswasser (schwach hypotonisch). Die offenbar geringe Differenz der letzteren Mischung von isotonischem Beerenpreßsaft bewirkt, daß eine Volumänderung der nackten Zellen nicht mit Sicherheit nachzuweisen ist. Auch bei Anwendung der hypertonischen Nitratlösung scheint eine an-

fängliche Volumverminderung bald zurückzugehen. Deutlicher und vor allem für die Dauer aber ergibt sich durch das hypertonische Rohrzuckermedium eine mäßige Oberflächenschrumpfung und Volumabnahme. Bei den in hypertonischen Nitratmedien mikroskopierten Zellen ragen je nach dem Vitalitätszustande verdichtete Plasmaanhäufungen linsenförmig in den Raum der Vakuole hinein oder aber erfährt letztere infolge der mit der Schädigung einhergehenden Variation der Capillarspannung des Plasmas eine Annäherung an die Kugelform, so daß dann der cytoplasmatische Ballen bruchsackartig nach außen gedrängt ist (10, 430). Im letzteren Falle wird anscheinend die anfangs bewirkte Kontraktion der nackten Zelle durch eine gewisse Aufblähung wieder ausgeglichen. Diese Veränderungen des plasmorrhythmischen Bildes entsprechen sicherlich einem Absinken des osmotischen Druckes. Nach einer bestimmten Versuchszeit tritt eine solche Wirkung regelmäßig ein (10, 430), und zugleich äußert sich die Schädigung der nackten Zelloberfläche dann in dem nachträglichen Verlust der bisherigen Semipermeabilität. Gewöhnlich treten an den Objekten nach einiger Zeit durch die Hypertonie der Medien ferner gewisse Ballungen und Stränge im Cytoplasma auf, und im Falle stärkerer Schädigung kommt es darin gar zu einer schwachen Vacuolisierung. Die Erscheinungen bei der Plasmorrhise ähneln also weitgehend (§§ 6, 7) denen nach Plasmolyse (11, 89).

Ohne daß die Versuche darüber schon abgeschlossen wären, mag doch schon verzeichnet werden, daß bei Einwirkung hypertonischer Medien von wechselnder Ansäuerung auf nackte Protoplasten von *Solanum nigrum* die plasmorrhythmische Kontraktion gerade von Lösungen einer C_H um $1,5 \cdot 10^{-5}$ eher als nach Einwirkung stärker saurer oder basischer Flüssigkeiten eintritt. Wenn unter Berücksichtigung entsprechender Plasmolyseversuche an verschiedenen anderen Objekten (11, 87) hinter jenem Werte der zelluläre IEP gesucht werden sollte, so würde dieser Schluß mit früheren Versuchen an *Solanum nigrum* über die Ermittlung jenes Wertes (8, 74) in guter Übereinstimmung stehen.

Es liegt nahe, die von E. SCHNEIDER (15, 43) bei Plasmolyseversuchen vorgenommene Tanninbehandlung (§ 3) auch auf plasmorrhythmisch beeinflusste Objekte auszudehnen. Dabei zeigt sich dann, daß die plasmorrhythmische Kontraktion in Serienexperimenten mit Nitratmedien gerade bei solchen Zellen anfangs unterbleibt, die nach SCHNEIDERS Arbeitsweise mit reiner oder mit schwach mit Jod versetzter Tanninlösung vorbehandelt worden sind. Daß einige Stunden später dennoch eine mehr oder minder deutliche Plasmorrhise nachweisbar wird, läßt darauf schließen, daß ähnlich wie in SCHNEIDERS Versuchen durch eine hergestellte Tannineiweiß-Oberfläche das ursprüngliche Permeabilitätsverhalten bis zu einem bestimmten Grade

zurück erlangt werden kann. Die Richtigkeit dieser Deutung ergibt sich auch aus dem Ausgang von Deplasmorrhhyseversuchen mittels Zurückführung in filtrierten Beerenpreßsaft. Sofern sich bei den geschrumpften Zellen das Cytoplasma noch nicht in die Vacuole erstreckt hat, kann die Kontraktion völlig zurückgehen, während durch Übertragung in reines Leitungswasser eine Aufblähung und Cytolyse bewirkt wird; die an der verringerten Capillarspannung als geschädigt kenntlichen Elemente verändern dagegen in beiden Fällen ihr Volumen nicht oder kaum.

5. Die Plasmorrhhyse nackter tierischer Zellen.— Zum Vergleich mit diesen Befunden sind menschliche Speicheldrüsenzellen, deren Veränderung in hypotonischen Medien bereits von SCHADE und WEILER (14, 43 f., 55 f.) beschrieben worden ist, in ihrem Verhalten bei Hypertonie der Versuchslösungen untersucht worden.

Das Cytoplasma der Speicheldrüsenzellen enthält winzige Granulationen, welche sich nach einiger Zeit der Einwirkung hypotonischer Lösungen (Leitungswasser) in R. BROWNScher Bewegung befinden (14, 44). Wie schon SCHADE (14, 46 f.) gezeigt hat, bleibt die Bewegung bei mangelnder osmotischer Hypotonie aus. Um so weniger werden wir sie nach Anwendung hypertonisch gemachter Medien (§ 3) erwarten, sofern wir nicht wie SCHADE (14, 55, 64) die hypertonische Lösung genügend ansäuern (§ 3). In solchem Falle aber dürfte die Säurequelle der hypertonischen Medien der ohne Ansäuerung bewirkten Quellung durch hypotonische Lösungen in ihrem Einfluß auf die Plasmakolloide entsprechen.

Die in spätestens 5–10 Min. erfolgte plasmorrhhytische Kontraktion der Speicheldrüsenzellen in hypertonischer Tyrodelösung hält sich in mäßigen Grenzen, ist aber gewöhnlich an einer unregelmäßig verlaufenden Außenkontur der Zellen und bei einem Teil von ihnen auch an einer gewissen Trübung kenntlich. Die Versuche, in den letzteren, anscheinend geloid veränderten Elementen durch Anwendung von Färbungsreaktionen (12, 342) eine bestimmte Kategorie zu ermitteln (§ 3), sind nicht geglückt. Andererseits findet sich nicht selten in abgestandenem Speichel (der leicht erhalten wird, sofern die sonst vorgenommene Mundspülung unterbleibt) ein gewisser Anteil von Zellen, bei denen auch in stärker hypertonischen Lösungen die Kontraktion unterbleibt. In solchen Fällen dürfte es sich um geschädigte Elemente handeln, deren Außenfläche den ursprünglichen Permeabilitätscharakter verloren hat. Wird durch Präparate mit einer größeren Zahl solcher Zellen längere Zeit destilliertes Wasser durchgesogen, so tritt

offenbar dann in ihnen eine schwache Schwellung ein, während dabei die normalen Elemente in nicht zu langer Zeit cytolysieren.

Die Versuche mit Anwendung verschieden stark angesäuerter hypertotonischer Medien (vgl. § 4) sind besonders hinsichtlich der C_H -Abstufung noch nicht genügend vervollkommen worden, als daß sich auf solche Weise ein vorläufiger Wert für den IEP der Objekte auch nur mit geringer Sicherheit hätte ermitteln lassen. Auch die Technik der Untersuchung der Deplasmorrhysie ist noch nicht über das Stadium von Vorversuchen hinausgediehen.

Teils im Vergleich mit den Befunden an pflanzlichen Perikarpzellen (§ 4), teils im Hinblick auf SCHADES und WEILERS Experimente (14, 56 f.) bemerkenswert ist die Wirkung hypertotonischer Tyrodelösungen nach vorausgegangener Tanninbehandlung des Objekts (§ 3). Während dabei nämlich reichlich die Hälfte der in den Präparaten liegenden Zellen die plasmorrhytische Kontraktion mit einer gewissen zeitlichen Verzögerung zeigen, unterbleibt sie dauernd in sicher 40% der vorkommenden Elemente oder besteht hier höchstens in leichter "geloider" Trübung. Letztere aber erfahren mindestens teilweise nach einigen Stunden dennoch die charakteristische Kontraktion und Oberflächenfaltung. Unter Berücksichtigung der Ergebnisse mit Perikarpzellen (§ 4) möchte der teilweise Mißerfolg der Tanninbehandlung bei der Aufhebung und Wiederherstellung der natürlichen Permeationsverhältnisse auf eine zu kurze oder zu schwache Einwirkung des Reagens zurückgeführt werden. Indessen hat sowohl längere Einwirkung, als auch Anwendung des Tannins in höherer Konzentration stets nur zu dauernder Störung des osmotischen Gleichgewichtes geführt, während kürzere oder schwächere Anwendung des Mittels wirkungslos geblieben ist. Mindestens teilweise dürfte dieser Befund aus dem Vorkommen einer Vielheit von morphologisch ähnlichen Elementen (§ 3) zu verstehen sein.

6. Die in hypertotonischen Medien beobachtete, als Plasmorrhysie (1, 537) bezeichnete Kontraktion nackter Protoplasten stellt unseres Erachtens eine wichtige Ergänzung der schon auf vielleicht die überwiegende Zahl pflanzlicher Zellen anwendbaren Plasmolyse dar. Bei beiden Prozessen wird dem Protoplasten durch das Medium Wasser entzogen, die Konzentration der zellulären wässrigen Lösungen also gesteigert. Freilich tritt nach dem heutigen Wissen die Plasmorrhysie in der morphologischen Variabilität hinter der Plasmolyse weit zurück, doch dürften beiden Experimentaleingriffen gewisse Wirkungen hinsichtlich der Umlagerung von Zellbestandteilen, der Umstellung des Stoffwechsels u. dgl. gemeinsam sein. Beide Versuchsmethoden beweisen, daß die Außenoberfläche der Pro-

toplasten im funktionellen Sinne eine semipermeable Membran darstellt, an welcher die Gesetze des osmotischen Druckes in der einseitigen Wasserverschiebung (Schrumpfung und Kräuselung der Protoplasten durch Erhöhung des osmotischen Druckes der Medien) zum Ausdruck kommen. In welcher Weise osmotische Konzentrationsgefälle zugleich Folge und Bedingung der Lebenstätigkeit der Zelle darstellen, wird schon von HÄBLER (2, 10) diskutiert.

Zu der von K. HÖFLER bei den von ihm angestellten Versuchen sicherlich mit vollem Recht angenommenen Beziehung, daß das Volumen des Zellinhaltes bei der Plasmolyse in umgekehrter Proportionalität zu den Konzentrationsveränderungen des Außenmediums steht, hat sich bei den plasmorrhytischen Versuchen bisher kein Analogon finden lassen, wie denn auch eine entsprechende Gesetzmäßigkeit durchaus nicht bei allen plasmolysierbaren Objekten, selbst bei Ausbleiben einer Zellwandquellung (§ 2), angenommen werden darf.

Wir sind uns klar, daß die Meßtechnik der Plasmorrhyserversuche noch sehr der weiteren Vervollkommnung bedarf. Schon in Angriff genommen sind einige Experimente der Einführung von Indikatoren nach einem vereinfachten mikrodissektorischen Verfahren. Doch mag darüber später im Zusammenhang mit Versuchen an solchen nackten Pflanzenzellen berichtet werden, bei denen regelmäßig kleine anthocy anföhrnde Vacuolen vorkommen (Beerenperikarprien einer *Fuchsia* sp.).

Für die Fortsetzung der Untersuchungen wichtig ist ferner die Anwendung verschiedener Elektrolyte in hypertonscher Konzentration. Nach den wenigen bisherigen Versuchen zeigt sich dabei ein unterschiedlicher Quellungs-einfluß der Salzionen in der von andern Erscheinungen her bekannten Weise. Beispielsweise ergibt sich mit NaSCN schon bald nach plasmorrhytischer Verminderung des Volumens eine freilich schwache Zunahme desselben, die offenbar auf dem Eindringen des Salzes beruht. Die andere Deutungsmöglichkeit der Annahme einer Säurequellung infolge einer durch die Lebensfunktion bewirkten Plasmaansäuerung scheint mir aus mehreren Gründen weniger wahrscheinlich zu sein. Jedenfalls ist die rein osmotische Salzwirkung auf die Zelloberfläche mit gewissen Entquellungs- oder Quellungs-einflüssen auf die Plasmakolloide (§ 7) eng verbunden.

7. Mit der plasmorrhytischen Kontraktion eng verknüpft ist ein Rückgang der Capillarspannung des Cytoplasmas, sowie eine Ausfällung geloid verstärkter Plasmamassen in Form von Ballen oder Granulationen oder seltener von Strängen. In manchen Fällen ergibt sich auch eine erhöhte Vacuolisierung des Cytoplasmas. Alle diese Erscheinungen deuten übereinstimmend auf eine Annäherung an den zellulären IEP (9, 823 f., 825, 828, 832; 11, 89) und damit an das Stadium verminderter Funktionstüchtigkeit der Zelle (9, 823) hin.

In dieser Hinsicht zeigt sich gleichfalls die nahe Verwandtschaft (§ 6) der Plasmorrhysie mit plasmolytischen Eingriffen (9, 827; 11, 89), deren schädigender Einfluß weit besser, ja sogar allzu gut (6, 8 f.) bekannt ist. Die enge Verwandtschaft

beider Modi des Wasserentzuges ergibt sich ferner gleichermaßen bei der Komplikation der Versuche durch Tannin-Vorbehandlung (§§ 4, 5).

Ähnliche "dystonische" Kolloidschädigungen (13, 94 f.) sind übrigens dem Kliniker ebenfalls bekannt. Nur die Isotonie der Zellmedien gewährleistet den Elementen die für unbehinderte Funktion erforderliche Konstanz von Größe, Form, Struktur, Wasser- und Salzgehalt (13, 322 f.), und so werden die vorhandenen Regulationsicherungen des Blutes (13, 172 f., 325 f.) und der Gewebe (13, 389 f., 450 f.) zu unbestrittener Notwendigkeit. Die hypertonen Schädigungen der Zelle sind am auffälligsten an oft starken Schrumpfungen der Protoplasten nebst ihrer Kerne und evtl. an einer Zerstückelung des Organismus kenntlich (13, 94 f.), während sich die dystonischen Kolloidveränderungen außer in einer veränderten Quellungs-bereitschaft (W. v. GAZA und H. WESSEL) in funktioneller Hinsicht in herabgesetzter Phagocytose der Leukocyten (H. J. HAMBURGER) o.a. äußern (2, 74). Wo irgendwann durch Steigerung der Stoffwechseltätigkeit in abbauender Richtung (Vermehrung der osmotisch wirksamen Teilchen) eine Hypertonie erzeugt wird, findet schon vor einer merklichen Geweberesorption ein Flüssigkeitszustrom statt, sodaß das Gewebe infolge der Prozesse in der Richtung des osmotischen Differenzausgleiches zu schwellen beginnt (2, 62). Als Beleg par excellence ist hier an Entzündungsherde (2, 55 f.) zu erinnern, bei denen wir seit H. SCHADES bald 25 Jahre zurückreichenden Untersuchungen die Hauptursache der entzündlichen Exsudation in der osmotischen (und onkotischen^{*)}) Hypertonie des Gewebes zu suchen haben (2, 66), welcher gegenüber die Osmoregulation nicht mehr ausreicht (2, 6 f.). Diese spärlichen Andeutungen mögen genügen, um die in vergleichender Hinsicht weiterreichende Bedeutung der angestellten Versuche erkennen zu lassen.

Zusammenfassung

Unter Wiederaufnahme des E. G. BALBIANischen (1) Begriffes der Plasmorrhise wird hauptsächlich die Wirkung hypertotonischer Medien auf die umhüllte und nackte, differenzierte und plasmareiche Pflanzenzelle und auf die tierische Zelle

^{*)} SCHADE hat gegenüber dem "osmotischen" Drucke molekular gelöster Teilchen unter dem Begriffe des "onkotischen" Druckes (von *ὄκος*, Quellung) den wasseranziehenden Druck der gesamten Kolloide (also W. STARLINGS "kolloidosmotischen" Druck) zusammengefaßt; vgl. H. SCHADE u. H. MENSCHEL, Zeitschr. klin. Med. 96, 308 (1923); SCHADE, Koll.-Zeitschr. 35, 305 (1924), sowie SCHADE, Wasserstoffwechsel, in C. OPPENHEIMERS Handb. d. Biochem. 8, 149 (Jena, G. Fischer, 1924).

besprochen und durch neue Untersuchungen an nackten Zellen der Pflanze (aus dem sich bei der Reifung verflüssigenden Beerenperikarp von *Solanum nigrum* und *Vitis vinifera*) und des Tieres (menschliche Speicheldrüsen) belegt. Eine besondere Beachtung finden bei diesen Versuchen vorerst besonders die Kennzeichnung plasmorrhytischer Kontraktion und ihre Variationsfähigkeit, ihre Reversibilität nach Einwirkung hypotonischer Lösungen und der Tannineinfluß auf die Wiedererlangung des natürlichen Permeabilitätsverhaltens. Erst wenig untersucht sind dagegen die Beeinflussung des Plasmorrhhyseprozesses durch die C_H und den Ionengehalt der Salzmischungen.

Die Diskussion vergleicht die Plasmorrhhyse mit der ähnlich zu bewirkenden Plasmolyse und kennzeichnet die physiologische Bedeutung plasmorrhytischer Zellkontraktion.

Literatur

1. Balbiani, E. G., Études sur l'action des sels sur les infusoires, Arch. Anat. micr. 2: 518-600 (1898, ersch. 1899).
2. Häbeler, C., Physikalisch-chemische Probleme in der Chirurgie. Berlin (J. Springer) 1930.
3. Heilbrunn, L. V., The colloid chemistry of protoplasm. (Protopl.-Monogr. 1.) Berlin (Gebr. Borntraeger) 1928.
4. Höber, R., Physikalische Chemie der Zelle und der Gewebe, 5. Aufl. Leipzig (W. Engelmann) 1924.
5. Küster, E., Über die Gewinnung nackter Protoplasten, Protoplasma 3: 223-233 (1928).
6. —, Pathologie der Pflanzenzelle I. (Protopl.-Monogr. 3.) Berlin (Gebr. Borntraeger) 1929.
7. Pfeiffer, H., Experimentelle und theoretische Untersuchungen über die Entdifferenzierung und Teilung pflanzlicher Dauerzellen II, Protoplasma 10: 253-288 (1930).
8. —, Über einige Experimente mit Indikatoren und andern Farbstoffen an Plasmotropfen und nackten Protoplasten aus reifen Beeren von *Solanum nigrum*, Cytologia 2: 67-76 (1930).
9. —, The iso-electric point of cells and tissues, Transact. Faraday Soc 26: 822-836 (1930).
10. —, Beobachtungen an Kulturen nackter Zellen aus pflanzlichen Beerenperikarp, Arch. exper. Zellf. 11: 424-434 (1931).
11. —, Kleine Beiträge zur Bestimmung des IEP von Protoplasten III, Protoplasma 14: 83-90 (1931).
12. Romeis, B., Taschenbuch der mikroskopischen Technik, 12. Aufl. München u. Berlin (R. Oldenbourg) 1928.
13. Schade, H., Die physikalische Chemie in der inneren Medizin, 3. Aufl. Dresden u. Leipzig (Th. Steinkopff) 1923.
14. — u. Weiler, L., Beiträge zur Kenntnis des Protoplasma-verhaltens menschlicher Zellen bei physiko-chemischer Beeinflussung, Protoplasma 3: 43-67 (1928).
15. Schneider, E., Über die Plasmolyse als Kennzeichen lebender Zellen, Zeitschr. wiss. Mikrosk. 42: 32-54 (1925).