

49. Karl Höfler: Permeabilitätsbestimmung nach der plasmometrischen Methode.

(Aus dem Pflanzenphysiologischen Institut der k. k. Universität Wien,
Nr. 120 der II. Folge.)

(Mit einer Abbildung im Text.)

(Eingegangen am 25. Juli 1918.)

Die Probleme der Protoplasmadurchlässigkeit stehen heute im Vordergrund des Interesses und gewinnen noch stetig an Bedeutung für die verschiedensten Gebiete der Physiologie. Sie erscheinen als ein Schlüssel zum Verständnis der wichtigsten Vorgänge der Stoffaufnahme in die Zelle und des Stofftransportes im vielzelligen Organismus. Sie stehen dann aber auch, und dies will mir fast noch wichtiger scheinen, in innigster Beziehung zur Fundamentalfrage aller Physiologie, der Frage nach Wesen, Chemismus und Bau des materiellen Trägers alles Lebens, des Protoplasmas. Nur wenige Eigenschaften des lebenden Plasmas sind heute einer direkten Erforschung im Experiment zugänglich. Unter ihnen ist kaum eine zweite — wenigstens bei unserem jetzigen Stande —, deren näheres Studium so unmittelbar so entscheidende Aufschlüsse verspräche wie das der eigenartigen und in ihrem inneren Zusammenhange vielfach noch so dunklen Erscheinungen der Permeabilität.

1. Historisches.

NÄGELI¹⁾, DE VRIES²⁾ und PFEFFER³⁾ haben einen Grundstein zu unserer heutigen Zellphysiologie gelegt durch die Erkenntnis der Tatsache, daß das lebende Protoplasma für Wasser leicht durchgängig ist, während es gelösten Stoffen den Durchtritt verwehrt; aus dieser physikalischen Eigenschaft des Plasmas, seiner Halbdurchlässigkeit oder Semipermeabilität, erklärt sich be-

1) Pflanzenphysiologische Untersuchungen, Heft I, 1855.

2) Sur la perméabilité du protoplasma des betteraves rouges. Archives Néerland. VI., 1871, S. 117. (Neudruck, DE VRIES, Opera e periodocis collata, Bd. 1, 1918, S. 86.) — Unters. über die mechan. Ursachen d. Zellstreckung, 1877. (Neudruck, ebd., S. 357.)

3) Osmotische Untersuchungen, 1877.

kanntlich das in der Pflanzenzelle bestehende osmotische System, das in PFEFFERS osmotischer Zelle künstlich nachgeahmt wird. Die Undurchlässigkeit für gelöste Stoffe ist nun aber dennoch keine absolute, kein allgemein gültiges Gesetz, sondern nur eine Regel mit mancherlei Ausnahmen. Auch wenn wir absehen vom Verhalten schädlicher Substanzen, wie z. B. der Schwermetallsalze, die wohl nur eindringen, weil sie zuvor die Konstitution der Plasmahautschicht verändern, so bleiben etliche Stoffe, die das lebende, intakte Plasma, wenn auch oft nur in geringem Maße, zu durchdringen vermögen. — Diese Ausnahmen nach Art und Größe kennen zu lernen, sie unter gemeinsamen Gesichtspunkten zu verstehen und womöglich aus Strukturmerkmalen des Protoplasmas, resp. seiner Hautschichten, zu erklären, ist die Aufgabe der Permeabilitätsforschung.

Die neuere Forschung¹⁾ geht in ihrem Ursprung auf eine dreifache Wurzel zurück.

DE VRIES²⁾ hat im Jahre 1885 gezeigt, daß das Plasma beim langsamen Absterben, doch noch während es lebt und noch ehe es sonstige Spuren der Schädigung aufweist, seine Durchlässigkeit ganz allmählich erhöht. Wir wollen die Erscheinung als „pathologisch erhöhte“ oder kurz als „pathologische Permeabilität“ bezeichnen. Die Methode des Nachweises war die plasmolytische. Das Kennzeichen der Permeabilität ist das allmähliche Zurückgehen einer anfangs bewirkten Plasmolyse in konstanter Außenlösung.

Daß auch der intakte Protoplast für unschädliche Stoffe in nachweisbarer Menge permeabel sein kann, wurde in den nächstfolgenden Jahren gezeigt: Zuerst auf plasmolytischem Weg von KLEBS (1887)³⁾ an Algenzellen für Glyzerin, sodann bei verschiedenen Objekten für KNO_3 und NaCl von JANSE (1888)⁴⁾, dem außer dem plasmolytischen auch der direkte mikrochemische Nachweis des Salpeters in der Zelle mit dem von MOLISCH⁵⁾ kurz zu-

1) Am längsten bekannt war das Eindringen freier Säuren und Basen, das sich in anthokyanführenden Zellen am Farbenumschlag des Zellsaftes direkt wahrnehmen läßt.

2) Jahrb. f. wiss. Bot., Bd. 16, S. 544 f.

3) Unters. aus dem Botan. Institut. zu Tübingen, Bd. 2, 1888, S. 489. — Diese Ber., Bd. 5, 1887, S. 187.

4) Verslag. en Mededeel. Koninkl. Akad. Wetensch. Amsterdam, Afdeel Naturw., Reeks III, Deel IV, 1888, S. 332. — Bot. Zentralbl., Bd. 34, 1888, S. 10.

5) Diese Ber., Bd. 1, 1883, S. 150. — Sitzungsber. der kais. Akad. d. Wissensch. Wien, I. Abt., Bd. 95, 1887, S. 221.

vor in die Botanik eingeführten Nitratreagens Diphenylamin-Schwefelsäure gelang, und von DE VRIES, der die relativ hohe Durchgängigkeit vieler Pflanzenzellen für Glycerin (1888)¹⁾ und für Harnstoff (1889)²⁾ nachwies.

Ein dritter Impuls kam durch PFEFFERS Entdeckung (1887)³⁾ von der Eindringungsfähigkeit zahlreicher Anilinfarbstoffe, die durch Bindung, z. B. an Gerbsäuren, gespeichert, im Zellsaft direkt sichtbar werden.

Seit diesen grundlegenden Arbeiten gabelte sich das Gebiet der experimentellen Forschung in zwei ziemlich scharf geschiedene Hauptteile. Der eine umfaßt das Studium der an ihrer osmotischen Wirksamkeit kenntlichen Kristalloide, wobei die DE VRIESsche plasmolytische Methode stets die Hauptrolle gespielt hat. Der zweite betrifft die Untersuchungen über kolloidale Farbstoffe und Alkaloide, deren Eindringen nach PFEFFERS Vorgang an der im Zellsafte bewirkten Färbung oder Fällung erkannt wird. Es sei gleich hier bemerkt, daß nur Fragen des ersten Teilgebietes uns in diesem und in einigen folgenden Aufsätzen beschäftigen sollen.

Die genannten Untersuchungen, sowie jene, die sich ihnen zunächst anschlossen, waren vorwiegend qualitativer Natur. Mehr auf Schätzung als auf eigentliche Messung der Eintrittsgeschwindigkeiten der verglichenen Stoffe fußen auch noch die umfassenden, auf breite experimentelle Basis gestützten Studien OVERTONS, die einen Höhepunkt, zugleich einen gewissen Abschluß jener ersten Entwicklungsphase der Permeabilitätsforschung bildeten, dieselben auf das tierphysiologische Gebiet ausdehnten und schließlich zur bekannten, in heuristischer Hinsicht so fruchtbaren „Lipoidtheorie“⁴⁾ der Stoffaufnahme geführt haben.

Jüngeren Ursprungs sind naturgemäß die Bestrebungen, die Durchlässigkeit auch quantitativ exakt zu messen⁵⁾.

Was hier bis zum Jahre 1909 bekannt war, hat LEPESCHKIN⁶⁾

1) Botan. Zeitung, Bd. 46, S. 229.

2) Ebd., Bd. 47, S. 309.

3) Unters. aus dem Botan. Inst. zu Tübingen, Bd. 2, 1887, S. 179.

4) Vgl. die Darstellung bei HÖBER. Physikalische Chemie der Zelle und der Gewebe. IV. Aufl., 1914, S. 359, 403 f.

5) Die ältesten quantitativen Angaben finden sich bei DE VRIES, 1885, l. c., z. B. S. 585, 1889, l. c.; JANSE, 1888, l. c.

6) Über die Permeabilitätsbestimmung der Plasmamembran für gelöste Stoffe. Diese Ber., Bd. 27, 1909, S. 129. — Vgl. ferner: Ebd., Bd. 26a, 1908, S. 198, 231, 724. Beihefte z. Bot. Zentralbl., Bd. 24, I., 1909, S. 308.

in einigen wichtigen Aufsätzen dargestellt. Die Methoden werden dort eingeteilt in direkte und indirekte; besonders von einer direkten werden wir noch zu sprechen haben. LEPESCHKIN selbst hat nun unter allen seiner indirekten Methode der „Permeabilitätskoeffizienten“ den Vorzug gegeben und damit eine für die nächste Zukunft folgenschwere Wahl getroffen. Die Methode blieb jahrelang die herrschende (TRÖNDLE 1910¹), RUHLAND 1911 f.²), solange, bis FITTING (1915³), 1917⁴) mit Nachdruck auf ihre Mängel und die engen Grenzen ihrer Leistungsfähigkeit hinwies und in seinen „Untersuchungen über die Aufnahme von Salzen in die lebende Zelle“⁵) sich für die direkte Bestimmung der in der Zelleinheit durchs Plasma eintretenden Stoffmengen entschied, nach der durch verschiedene Verbesserungen zum quantitativen Gebrauche ausgebildeten und in jeder Hinsicht kritisch angewandten grenzplasmolytischen Methode.

Auch im vorliegenden Aufsatz soll eine Form der direkten, quantitativen, plasmolytischen Permeabilitätsmessung beschrieben werden. Während FITTING aber auf die alleinige Betrachtung der Grenzplasmolyse, als des einzigen genau definierbaren plasmolytischen Zustandes, angewiesen war und aus der zeitlichen Verschiebung der Grenzkonzentration die im Mittel in die ganzen Präparate eingedrungenen Lösungsmengen bestimmt hat⁵), sollen im folgenden auch alle stärkeren Grade der Plasmolyse mit verwendet werden. Dadurch ergeben sich mehrere methodische Vorteile. Der wichtigste dürfte darin zu sehen sein, daß die Bestimmung exakt quantitativ für die individuelle, einzelne Zelle gelingt.

1) Jahrb. f. wiss. Bot., Bd. 48, 1910, S. 171.

2) Ebd., Bd. 50, 1911, S. 200; Bd. 55, 1915, S. 409.

3) Jahrb. f. wiss. Bot., Bd. 56, 1915, S. 1.

4) Ebd., Bd. 57, 1917, S. 553.

5) FITTING charakterisiert die Grenzplasmolyse noch näher, indem er den Anteil der plasmolysierten an der Gesamtzahl der Zellen schätzt. Gleiche Präparate aus der unterseitigen Epidermis der Blattmittelrippe von *Rhoeo discolor* kommen in KNO_3 -Lösungen von 0,0025 GM Abstand und werden hier nach 15 Minuten zum erstenmal untersucht. Der plasmolytische Zustand sei z. B.

in GM KNO_3 :	0,1025	0,105	0,1075	0,11	0,1125
nach 15 Min.:	gv	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{4}$	∞	pl
nach weiteren 15 Min.:	0	gv	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{4}$	∞

D. h. es zeigt keine Zelle, oder ganz vereinzelt, etwa $\frac{1}{2}$, etwa $\frac{3}{4}$, die meisten, alle Zellen Plasmolyse. — Es sind in den 15 Minuten von der ersten zur zweiten Ablesung im Durchschnitt 0,0025 GM KNO_3 eingedrungen.

2. Das Prinzip der Permeabilitätsmessung.

Nach dieser knappen historischen Übersicht will ich zur Beschreibung der neuen Methode übergehen und dabei an meinen kürzlich in dieser Zeitschrift veröffentlichten Aufsatz¹⁾ anknüpfen.

Wird eine intakte Pflanzenzelle in hypertotonischer Lösung eines unschädlichen Stoffes plasmolysiert, so erreicht bekanntlich der Protoplast nach einiger Zeit bestimmte Größe und Gestalt. Ich habe diesen Gleichgewichtszustand als „endgiltige“ oder „perfekte Plasmolyse“, kurz als „Endplasmolyse“ bezeichnet. Wird ein Stoff zur Plasmolyse verwendet, der, wie Rohrzucker, nicht nachweisbar durch Plasma eindringt, so bleibt dieser Endzustand nach Größe und Form durch längere Zeit genau oder doch mit größter Annäherung gewahrt. — Anders natürlich in einer Lösung, die langsam permeiert. Auch hier vergeht gewisse Zeit bis zum ersten Perfektwerden der Plasmolyse. Zur völligen Ruhe kommt es aber auch dann nicht. Sondern dadurch, daß Substanz der Außenlösung durchs Protoplasma in den Zellsaft dringt, wird dessen osmotische Wirksamkeit allmählich größer; und da der Zellsaft im osmotischen Gleichgewicht mit der umspülenden Lösung bleiben muß, so entzieht er derselben H_2O , vergrößert sein Volum und dehnt den Protoplasten langsam aus: die Plasmolyse geht zurück. Der Rückgang einer anfangs eingetretenen Plasmolyse in unverdünnter Außenlösung hat seit DE VRIES (1885, l. c.) stets zum qualitativen Nachweis des Eindringens der Lösung gedient²⁾ und ist in einigen Fällen — so in Versuchen LEPESCHKINS, auf die wir noch zurückkommen, und vor allem in FITTINGS erwähnten grenzplasmolytischen Untersuchungen — auch messend verfolgt werden.

Nun habe ich vor kurzem gezeigt³⁾, wie man außer der Grenzplasmolyse auch die stärkeren Plasmolyseformen für quantitative Studien nutzbar machen kann, indem man den Grad der Plasmolyse in Zahlen charakterisiert. Ich nannte „Grad der Pl.“ die Maßzahl für das Volumverhältnis zwischen dem plasmolysierten Protoplasten und dem Innenraum der turgorlosen Zelle. In der

1) Die plasmolytisch-volumetrische Methode und ihre Anwendbarkeit zur Messung des osmotischen Wertes lebender Pflanzenzellen. Diese Ber., Bd. 35, 1917, S. 706.

2) JANSE, 1888, l. c.; RYSSELBERGHE, Bull. de l'Acad. roy. de Belgique, 1901, S. 173; u. v. a.

3) Eine plasmolytisch volumetrische Methode zur Bestimmung des osmotischen Wertes von Pflanzenzellen. Denkschr. d. kais. Akademie d. Wissenschaften in Wien. Mathem.-naturw. Klasse, Bd. 95, 1918, S. 98—170. (Im folgenden abgekürzt „Denkschr., S.“) — Diese Ber., l. c.

Abb. auf S. 715 ist der Grad der Pl. $G = 0,51$; d. h. der Protoplast nimmt $\frac{51}{100}$ vom Zellraum ein.

Wenn man die Konzentration der plasmolysierenden Lösung und den Grad der bewirkten endgiltigen Plasmolyse kennt, so läßt sich daraus, bei Anwendung nicht eindringender Plasmolytika, der ursprüngliche osmotische Wert der turgorlosen Zelle berechnen. Dies ist der Grundgedanke der plasmolytisch-volumetrischen, oder, wie ich nun kürzer sagen will, der „plasmometrischen“ Methode. Ist C die Konzentration und G der Plasmolysegrad, so ist der osmotische Zellwert O

$$O = C \cdot G \quad (1)$$

Wie die Messung des Grades in geeignet geformten Zellen geschieht, wurde a. a. O. ausführlich beschrieben¹⁾.

Wir kommen zum Prinzip der Permeabilitätsbestimmung.

Wir denken uns eine zylindrische Zelle in hypertotonischer Lösung eines Stoffes, für den das lebende Plasma permeabel ist, etwa von Harnstoff, perfekt plasmolysiert. Die Endplasmolyse ist kenntlich an der konvex-kugeligen Rundung der freien Plasmaoberfläche. Die Rundung bleibt auch erhalten, während die Plasmolyse nun langsam zurückgeht; wir werden dadurch in den Stand gesetzt, den Rückgang, die Ausdehnung des Protoplasten, nicht nur messend zu verfolgen, sondern wir können für jeden Moment den Plasmolysegrad und aus ihm den osmotischen Zellwert entnehmen. Aus der zeitlichen Änderung des Grades ergeben sich dann die eindringenden Lösungsmengen ganz unmittelbar in der folgenden einfachen Art:

Man mißt den Grad der Plasmolyse. Er sei G_1 . Nach gewisser Zeit, während welcher sich der Protoplast um ein gewisses Stück vergrößert hat, mißt man den Grad von neuem. Er sei nunmehr G_2 . Die Außenkonzentration ist dauernd C . — Man berechnet den osmotischen Wert für den Moment der 1. Messung $O_1 = C \cdot G_1$. Desgleichen für den Augenblick der 2. Messung $O_2 = C \cdot G_2$. — Da der Protoplast am Ende einen größeren Teil des Zellraumes einnimmt, als am Beginn, ist $G_2 > G_1$ und $O_2 > O_1$. Und wenn der Zuwachs des Zellsaftwertes, wie wir annehmen, durch Eindringen osmotisch wirksamer Substanz von außen her verursacht ist, dann gibt die Differenz $O_2 - O_1$ direkt die im betrachteten Zeitabschnitte eingetretene Lösungsmenge an. — Sie ist

$$O_2 - O_1 = (G_2 - G_1) C \quad (2)$$

1) Denkschr., S. 102, 111. Diese Ber., S. 715.

Abb. 1 gibt schematisch einen Versuch wieder, den ich am 17. IX. 1917 mit Markzellen aus dem Stengel von *Gentiana Sturmi*ana Kern. angestellt habe. Der Schnitt war in 0,80 GM Harnstoff plasmolysiert. Der Protoplast zeigte in der abgebildeten Zelle nach 50 Minuten, als die Plasmolyse perfekt und meßbar geworden, den voll gezeichneten und genau eine Stunde später den durch punktierte Konturen angedeuteten Umriß; er hatte sich um das punktiert gehaltene Stück ausgedehnt. Bei der 1. Messung war $G_1 = 0,807$, bei der 2. Messung war $G_2 = 0,892$. Der osmotische Wert der Zelle, hier als Harnstoffkonzentration ausgedrückt, ist erst $O_1 = G_1 \cdot C = 0,807 \times 0,80 = 0,646$ GM, nachher $O_2 = G_2 \cdot C = 0,892 \times 0,80 = 0,714$ GM. Die während der Versuchsstunde in den Protoplasten eingedrungene Harnstoffmenge ist $O_2 - O_1 = 0,714 - 0,646 = 0,068$ GM. Wie man sieht, bezieht sich der Wert auf die einzelne Zelle.

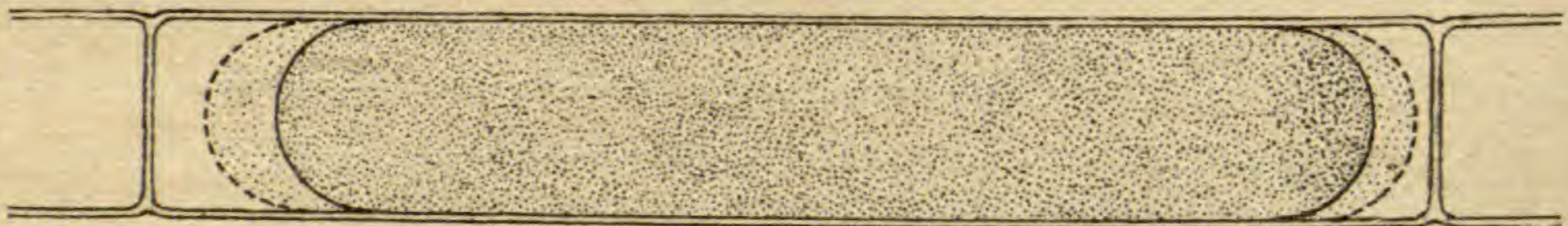


Abb. 1.

Die in der Zeiteinheit aufgenommene Lösungsmenge liefert ein quantitatives Maß der Plasmadurchlässigkeit der Zelle für Harnstoff.

Gleiche benachbarte Markzellen zeigten im selben Versuch folgende Permeabilität:

*Gentiana Sturmi*ana.

17. IX. 1917.

Stengellängsschnitt aus einem Internodium in halber Stämmchenhöhe, vor dem Versuch 4 Stunden in dest. H₂O gewässert. In 0,80 GM Harnstoff eingelegt 3h, erste Messung 3h 50 – 4h 07, zweite Messung 4h 50 – 5h 10.

Zelle:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
$G_1 =$	0,738	0,647	0,706	0,85	0,795	0,807	0,638	0,681	0,684	0,768	
$O_1 =$	0,590	0,518	0,565	0,680	0,638	0,646	0,510	0,545	0,547	0,614	GM
$G_2 =$	0,814	0,702	0,778	0,947	0,892	0,892	0,691	0,744	0,792	0,953	
$O_2 =$	0,651	0,562	0,622	0,758	0,714	0,714	0,553	0,595	0,634	0,762	GM
$O_2 - O_1 =$	0,061	0,044	0,047	0,078	0,078	0,068	0,043	0,050	0,087	0,148	GM

Harnstoff.

Die Protoplaste hatten also im Mittel in einer Stunde $O_2 - O_1 = 0,070$ GM Harnstoff aufgenommen.

Der bei der ersten Messung erhaltene Wert O_1 darf freilich hier, wie kaum erwähnt zu werden braucht, nicht, wie bei Plasmolyse in Rohrzucker, dem ursprünglichen Zellwert gleichgesetzt werden. Der letztere wird

kleiner gewesen sein. Denn auch vor dem Eintritt der Endplasmolyse und vor der ersten Messung wird ja schon Substanz der Außenlösung in den Zellsaft endosmiert sein. Wir können leider den Verlauf der Durchlässigkeit, solange die Plasmolyse imperfekt ist, mit der plasmometrischen Methode zunächst direkt nicht verfolgen.

Ist das Intervall zwischen den Messungen nicht der Zeiteinheit gleich, so ist, wenn t_1 , t_2 die Ablesungszeiten sind, das Maß der durchschnittlichen Stoffaufnahmen

$$M = \frac{O_2 - O_1}{t_2 - t_1} = \frac{(G_2 - G_1) C}{t_2 - t_1} \quad (3)$$

Die Permeabilität pflanzlicher Zellen wird nach der plasmometrischen Methode durch die in der Zeiteinheit in den Protoplasten eindringende Lösungsmenge bestimmt¹⁾. Man mißt den Grad der Plasmolyse am Anfang und am Ende einer Zeitstrecke. Die während der Zeit aufgenommene Lösungsmenge ist dann gleich der Differenz der Maßzahlen der Grade, multipliziert mit der Maßzahl der plasmolysierenden Außenkonzentration.

Ich glaube das gegebene Prinzip ist an sich klar. Die folgende kurze begriffliche Erörterung wird trotzdem vielleicht nicht unangebracht sein.

Daß in Gl (2) die Differenz $O_2 - O_1$ ein Maß ist für die eingedrungenen Stoffmengen, bedarf keiner Erläuterung. Wir sprachen aber von O_1 und O_2 als von den osmotischen Werten der Zelle in bestimmten Augenblicken. Da erhebt sich die Frage: Sind wir berechtigt, bei Verwendung eindringender Plasmolytika der Zelle überhaupt feste Werte im gegebenen Momente zuzuschreiben, wenn diese Werte doch nicht die ursprünglichen sind? Jene Ausdrucksweise enthält offenbar eine Fiktion. Wir nennen ja „osmotischen Wert einer Zelle“ die Maßzahl für die dem Zellsaft der turgorlosen, unplasmolysierten Zelle genau isotonische Konzentration eines gelösten Stoffes²⁾. Wir müssen uns hier also vorstellen, es sei durch Übertragen der Zelle in verdünntere Außenlösung (vom Konzentrationswerte O_1) die Plasmolyse zum Rückgang gebracht, doch so, daß während des Rückgangs die Plasmahaut sich wie eine ideal semipermeable Membran verhalte; wir denken die Zelle im Moment der Messung „impermeabel deplasmolysiert“. Dies ist eine Gedankenoperation, wie sie ähnlich in der Physik, zumal in der Wärmelehre³⁾, ganz üblich ist. In diesem Sinne schreiben wir dann dem Protoplasten den Wert O_1 zu, den er aufwies, wenn er den Zellraum eben, doch noch ohne ihn zu dehnen, ausfüllte. So können wir dann auch sagen, daß der Zellwert allmählich steigt, während die Plas-

1) Wir beziehen das Permeabilitätsmaß also nicht, wie es in der Physik üblich ist, auf die Einheit des Konzentrationsabfalls und auf die Flächeneinheit der durchdrungenen Membran.

2) Denkschr., I. c., S. 99. Diese Ber., I. c., S. 724.

3) Man denke z. B. an „adiabatische“ oder an „isotherme“ Zustandsänderungen.

molyse in endosmierender Außenlösung zurückgeht; obwohl ja tatsächlich der Protoplast, d. h. der Zellsaft, den er umschließt, während der Ausdehnung stets isotonisch mit der umgebenden Lösung bleibt.

Wir bestimmen die Lösungsmenge, die in den plasmolysierten Protoplasten eindringt; und wir beziehen die Wertzunahme auf den unplasmolysiert gedachten, also größeren Protoplasten. Liegt darin nicht ein Widerspruch? — Selbstverständlich nein. Wir geben ja nicht die Gewichtsmenge der eingetretenen Substanz an, sondern die „Lösungsmenge“. Eine (volumnormale) Lösung von 0,80 GM Harnstoff nennen wir aber ja mit einer gewohnten Kürze des Ausdruckes eine solche, die 0,80 GM Harnstoff im Liter Lösung enthält. Die Werte sind auf die Volumeinheit reduziert und beziehen sich daher selbstverständlich gleichgütig auf das Volumen der Zelle oder auf das des kleineren Protoplasten.

Wir messen die Permeabilität durch die pro Zeiteinheit eingedrungenen Lösungsmengen. Die physikalische Dimension des Maßes ist $\frac{M}{L^3T}$,

die Maßeinheit ist ein $\frac{\text{Grammolekül}}{\text{Liter} \cdot \text{Stunden}}$ oder, im absoluten Maßsystem, $k \cdot \frac{g}{\text{cm}^3 \text{sec}}$

wobei die Konstante $k = \frac{n}{3,6 \cdot 10^6}$ ($n = \text{Molekulargewichts des endosmierenden Stoffes}$). Auf andere mögliche Permeabilitätsmaße¹⁾ und eine Diskussion ihrer relativen physikalischen Berechtigung und physiologischen Zweckmäßigkeit will ich bei späterer Gelegenheit zurückkommen. —

Ein Vergleich der plasmometrischen Methode mit den bisherigen Methoden des quantitativen Permeabilitätsnachweises soll im nächsten Aufsätze Platz finden. Zuvor soll dort die neue Methode in einer Einzeluntersuchung praktisch angewandt werden.

1) Permeabilitätsmaße anderer Dimension haben LEPESCHKIN (Diese Ber., Bd. 27, 1909, S. 130) und HEUSSER (Vierteljahrschrift der Naturforsch. Ges. in Zürich, Bd. 62, 1917, S. 555) vorgeschlagen.

Übersicht der Hefte.

- Heft 1 (S. 1—48), ausgegeben am 24. April 1918.
 Heft 2 (S. 49—100), ausgegeben am 27. Mai 1918.
 Heft 3 (S. 101—180), ausgegeben am 27. Juni 1918.
 Heft 4 (S. 181—232), ausgegeben am 29. Juli 1918.
 Heft 5 (S. 233—300), ausgegeben am 29. August 1918.
 Heft 6 (S. 301—380), ausgegeben am 18. Oktober 1918.
 Heft 7 (S. 381—442), ausgegeben am 28. November 1918.
 Heft 8 (S. 443—540), ausgegeben am 30. Januar 1919.
 Heft 9 (S. 541—632), ausgegeben am 27. Februar 1919.
 Heft 10 (S. 633—672), ausgegeben am 25. März 1919.
 1. Generalversammlungsheft [S. (1)—(62)], ausgegeben am 29. April 1919.
 2. „ (Schlußheft) [S. (63)—(200)], ausgegeben am 30. September 1919.

Berichtigungen.

- S. 46 18. Zeile von oben lies: $\theta\acute{\epsilon}k\acute{\epsilon}r\acute{\epsilon}$ statt $\theta\rho'x\acute{\epsilon}r\acute{\epsilon}$.
 S. 102 6. Zeile von unten lies: Lunteren statt Lauteren.
 S. 417 11. Zeile von oben lies: Zeiteinheit statt Zelleinheit.
 S. 423 9. Zeile von unten lies: ~~Plasmolytikums~~ statt ~~Plasmolytirkums~~.
 S. 430 23. Zeile von unten lies: diskutieren statt diskunetier.
 S. 430 3. Zeile von unten lies: Differenzwerte statt Differentialwerte.
 S. 433 16. Zeile von unten lies: konnte statt könnte.
 S. 436 2. Zeile von oben lies: $\sqrt{\frac{d_1^2 + \dots + d_n^2}{n}}$ statt $\sqrt{\frac{d_1^2 + \dots + d_n}{n}}$.
 S. 440 15. Zeile von oben lies: es je war statt je es war.
 S. 463 7. Zeile von unten lies: 0,02—0,03 % statt 0,2—0,3 %.
 S. (1) 4. Zeile von oben lies: in Hamburg abgehaltene statt abgehaltene.

Zu S. (42) übersendet Herr LEHMANN folgende Berichtigung:

Durch nachträgliche Aufnahme bestätigender Versuchsergebnisse in die Korrektur meiner Abhandlung über *Pentasepalie* in der Gattung *Veronica* usw. entstand ein Mißverständnis in der Tabelle 3 auf S. (42), welches ich durch Revision nicht mehr beseitigen konnte. Die Tabelle lautet wie folgt:

F_1	18 107	3 %	pentasepal
		18 109	0 %	„
P_1	<i>Corrensiana</i> (1721)	1	1 %	pentasepal ×
	<i>tubingensis</i> (1713)	97	97 %	pentasepal
		1731	92 %	„
		1737	98 %	„
		1807	71 %	„
		1809	88 %	„

(gez.) E. LEHMANN

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft](#)

Jahr/Year: 1918

Band/Volume: [36](#)

Autor(en)/Author(s): Höfler Karl

Artikel/Article: [Permeabilitätsbestimmung nach der plasmometrischen Methode.
414-422](#)