

Redaktionskommission: Außer dem Vorsitzenden und dem Schriftführern die Herren: A. ENGLER, P. GRAEBNER und H. v. GUTTENBERG.

Kommission zur Vorbereitung der Wahlen und der Generalversammlung die Herren: Ó. REINHARDT, L. WITTMACK, E. BAUR, P. LINDNER, H. HARMS.

Die Geschäfte wird Herr W. WÄCHTER weiterführen.

## Mitteilungen.

### 40. Karl Höfler: Über den zeitlichen Verlauf der Plasmadurchlässigkeit in Salzlösungen. I.

(Aus dem Pflanzenphysiologischen Institut der Universität Wien, Nr. 134 der II. Folge.)

(Eingegangen am 9. September 1919.)

Vor einiger Zeit habe ich über eine Methode, die Permeabilität pflanzlicher Protoplaste quantitativ zu bestimmen<sup>1)</sup>, sowie über einige mit derselben angestellte Messungen<sup>2)</sup>, in welchen die  $\text{KNO}_3$ -Permeabilität der gestreckten, zylindrisch geformten, äußeren Grundgewebszellen aus den Stengelinternodien von *Tradescantia elongata* geprüft wurde, berichtet. An diesem gleichen Objekt und mit gleicher Methodik wurde nun der Verlauf der Salzaufnahme in die lebenden Protoplaste während längerer Beobachtungszeiten untersucht.

Die ersten Versuche in dieser Richtung rühren von FITTING (1915)<sup>3)</sup> her. Er hat mit der grenzplasmolytischen Methode die interessante Tatsache festgestellt, daß die anfängliche Salzdurchlässigkeit des Plasmas bei dauernder Plasmolyse in Salzlösungen vermindert wird und schließlich ganz zum Schwinden kommt.

1) Permeabilitätsbestimmung nach der plasmometrischen Methode. Diese Ber., Bd. 36, 1918, S. 414.

2) Über die Permeabilität der Stengelzellen von *Tradescantia elongata* G. F. W. Meyer für Kalisalpetere. Ebd., S. 423.

3) Jahrb. f. wiss. Bot., Bd. 56, 1915, S. 18 f.

Diese Abnahme der Permeabilität ist, wie in unzweifelhafter Art dargetan wurde, der Einwirkung des Salzes selbst, nicht etwa Einflüssen anderer Art, wie der Verwundung beim Herstellen der Schnitte, der mit der Plasmolyse verbundenen Loslösung des Plasmas von der Zellwand, dem Aufenthalt der Präparate in der Flüssigkeit u. dgl., zuzuschreiben.

Bezüglich der quantitativen Seite der Erscheinung hat FITTING für sein Objekt, die unterseitigen Epidermiszellen der Blattmittelrippe von *Rhoco discolor*, folgendes gefunden. Die Salzaufnahme betrug in der ersten Stunde etwa 0,0075—0,01 GM  $\text{KNO}_3$ <sup>1)</sup>; dann sank sie auf höchstens etwa 0,0025 GM in der 3.—5. Stunde, noch geringere Werte im weiteren und nach 12—20 war sie praktisch ganz beendet.

Die theoretische Bedeutung dieses Befundes liegt vor allem darin, daß die permeabilitätshemmende Wirkung des Salzes den bisher am exaktesten nachgewiesenen Fall einer Permeabilitätsänderung des lebenden Plasmas unter dem Einflusse äußerer Faktoren darstellt — und bekanntlich war das Streben der Physiologen seit langem auf den Nachweis solcher Abhängigkeitsbeziehungen gerichtet gewesen.

Bei meinen Versuchen wollte ich zunächst die von FITTING gefundene Erscheinung mittelst der plasmometrischen Methode, die ein Eingehen auf die individuelle Einzelzelle erlaubt, auch an andern Objekten nachprüfen. Dazu verfolgte ich ein zweites Ziel. Meine früher mitgeteilten Messungen<sup>2)</sup> hatten ergeben, daß die Salzdurchlässigkeit gleicher benachbarter Protoplaste quantitativ auffallend verschieden sein kann: Schwankungen von 25—50 % bildeten die Regel. Würde nun auch der zeitliche Verlauf solche individuelle Unterschiede erkennen lassen? Würden die Permeabilitätsgrößen der Einzelprotoplaste bei dauernder Beobachtung sich als einigermaßen konstant, dauernd relativ hoch oder relativ niedrig, erweisen? Oder bildet die Permeabilität für jede Zelle einigermaßen stetige, absteigende oder aufsteigende Kurven? Ändert sich das Verteilungsbild der Einzelwerte im Laufe des Versuches? — Die Resultate haben gegenüber meinen Erwartungen wesentlich Neues geboten; ihre gesonderte Mitteilung dürfte daher gerechtfertigt erscheinen.

1) Oft war die Permeabilität kleiner; dann sank sie meist auch langsamer. Andere eindringefähige Salze, wie KCl, KBr,  $\text{KClO}_3$ ,  $\text{NaNO}_3$ , NaCl, verhielten sich ähnlich wie  $\text{KNO}_3$ .

2) Diese Ber. Bd. 36, S. 424f. 435.

Versuch A.

KNO<sub>3</sub>-Permeabilität in der

Der Schnitt vor dem Versuch 15½ Stunden in H<sub>2</sub>O. Am 18. VI. 7h35 vorm. in 0,25 GM KNO<sub>3</sub>. Hier 1. Messung 9h(40)—50—10h05, die weiteren Messungen in Intervallen von 1 Stunde (nur 4.—5. Messung 2 Stunden). — 17 gleiche benachbarte Zelle aus derselben Längsreihe, alle 21' (Mikrometerstriche, 1' = 3,9 μ) breit, Protoplastenmeniscium = 8', daher der „Meniskusfaktor“ λ = 0,4 (vgl. diese Ber., Bd. 35, S. 711).

In den Tabellen bedeutet wie früher (Diese Ber., Bd. 36, S. 429): C — die konstante Außenkonzentration des Plasmolytikums, h — die innere Länge der Zellen, l<sub>1</sub>, l<sub>2</sub>, . . . — die Länge der Protoplaste bei der 1., 2. . . Messung.

C	Zelle	1. Messung 9h(40)—50—10h05			2. Messung 10h45—11h06			3. Messung 11h50—12h09		4. Messung 12h50—1h05	
		$\frac{l_1}{h}$	G <sub>1</sub>	O <sub>1</sub>	$\frac{l_2}{h}$	G <sub>2</sub>	O <sub>2</sub> -O <sub>1</sub>	G <sub>3</sub>	O <sub>3</sub> -O <sub>2</sub>	G <sub>4</sub>	O <sub>4</sub> -O <sub>3</sub>
0,25 GM KNO <sub>3</sub>	1	$\frac{23-71}{89}$	0,467	0,117	$\frac{21-71^{1/2}}{89}$	0,496	0,007	0,514	0,004 <sub>5</sub>	0,598	0,021
	2	$\frac{22\frac{1}{2}-62\frac{1}{2}}{70\frac{1}{2}}$	0,477	0,119	$\frac{20\frac{1}{2}-62\frac{1}{2}}{70\frac{1}{2}}$	0,504	0,007	0,537	0,008	0,548	0,003
	3	$\frac{17-65}{86}$	0,484	0,121	$\frac{16-66^{2/3}}{86}$	0,514	0,007 <sub>5</sub>	0,533	0,005	0,542	0,002
	4	$\frac{25-77}{89\frac{1}{2}}$	0,510	0,127 <sub>5</sub>	$\frac{25-77}{89\frac{1}{2}}$	0,510	—	0,534	0,006	0,551	0,004 <sub>5</sub>
	5	$\frac{13\frac{1}{2}-47\frac{1}{4}}{57}$	0,480	0,120	$\frac{12\frac{1}{2}-47\frac{1}{4}}{57}$	0,498	0,004 <sub>5</sub>	0,515	0,004 <sub>5</sub>	0,532	0,004
	6	$\frac{15-50\frac{1}{4}}{57\frac{1}{2}}$	0,501	0,12 <sub>5</sub>	$\frac{14-50\frac{1}{2}}{57\frac{1}{2}}$	0,522	0,005 <sub>5</sub>	0,536	0,003 <sub>5</sub>	0,550	0,002 <sub>5</sub>
	7	$\frac{16-58\frac{3}{4}}{73}$	0,497	0,124	$\frac{14\frac{1}{2}-57\frac{1}{2}}{73}$	0,501	0,001	0,529	0,006 <sub>5</sub>	0,536	0,002
	8	$\frac{23-72\frac{3}{4}}{89\frac{1}{2}}$	0,478	0,119 <sub>5</sub>	$\frac{22\frac{1}{2}-74}{89\frac{1}{2}}$	0,504	0,006 <sub>5</sub>	0,509	0,001 <sub>5</sub>	0,518	0,002
	9	$\frac{11-45}{58}$	0,476	0,119	$\frac{9\frac{1}{2}-44}{58}$	0,485	0,002	0,510	0,006 <sub>5</sub>	0,524	0,003 <sub>5</sub>
	10	$\frac{8-39\frac{2}{3}}{49\frac{1}{2}}$	0,511	0,127 <sub>5</sub>	$\frac{8-40\frac{1}{2}}{49\frac{1}{2}}$	0,533	0,005 <sub>5</sub>	0,542	0,002 <sub>5</sub>	0,839*	0,074 <sub>5</sub> *
	11	$\frac{9\frac{1}{2}-61}{85}$	0,531	0,132 <sub>5</sub>	$\frac{9-62}{85}$	0,548	0,004 <sub>5</sub>	0,562	0,003 <sub>5</sub>	tot	—
	12	$\frac{12-43\frac{1}{2}}{49\frac{1}{2}}$	0,507	0,128 <sub>5</sub>	$\frac{11-43}{49\frac{1}{2}}$	0,523	0,002 <sub>5</sub>	0,528	0,001	0,538	0,002 <sub>5</sub>
	13	$\frac{14-46\frac{1}{2}}{56}$	0,466	0,116 <sub>5</sub>	$\frac{14-47\frac{1}{2}}{56}$	0,484	0,004 <sub>5</sub>	0,506	0,005 <sub>5</sub>	0,516	0,002 <sub>5</sub>
	14	$\frac{17-60\frac{3}{4}}{77}$	0,484	0,121	$\frac{16\frac{1}{2}-61}{77}$	0,504	0,005	0,527	0,006	0,547	0,005
	15	$\frac{11\frac{1}{2}-40\frac{1}{2}}{50\frac{1}{2}}$	0,448	0,112	$\frac{10-40}{50\frac{1}{2}}$	0,466	0,004 <sub>5</sub>	0,487	0,005 <sub>5</sub>	0,497	0,002
	16	$\frac{15\frac{1}{4}-49}{57}$	0,470	0,117 <sub>5</sub>	$\frac{11-49\frac{1}{4}}{57}$	0,479	0,002 <sub>5</sub>	0,506	0,006 <sub>5</sub>	0,519	0,003 <sub>5</sub>
	17	$\frac{8-38}{51}$	0,463	0,116	$\frac{6-37}{51}$	0,482	0,004 <sub>5</sub>	0,506	0,006	0,512	0,001 <sub>5</sub>
		O <sub>1</sub> (Mittel) = 0,1214 GM			O <sub>2</sub> -O <sub>1</sub> (Mittel) = 0,0044 GM			O <sub>3</sub> -O <sub>2</sub> = 0,0048 GM		O <sub>4</sub> -O <sub>3</sub> = 0,0041 GM	

3.—12. Stunde der Plasmolyse,

18. VI. 1918.

$G_1, G_2, \dots$  — die Grade der Plasmolyse zur Zeit der einzelnen Ablesungen, nach der Gl.  $G_1 = \frac{l_1 - 2\lambda, m}{h} = \frac{l_1 - 6,4}{h}$  berechnet,  $O (= C \times G)$  — die jeweiligen osmotischen Werte der Einzelzellen,  $O_2 - O_1$  — die im betreffenden Intervall eingedrungenen Lösungsmengen, als Maß der Permeabilität, in GM  $KNO_3$ . Aus Raumrücksichten gebe ich bei den späteren Messungen nur die Werte  $G_3$  und  $O_3 - O_2$  etc.

5. Messung 2h50—3h10		6. Messung 3h55—4h10		7. Messung 4h55—5h10		8. Messung 5h55—6h10		9. Messung 6h55—7h10		
$G_5$	$O_5 - O_4$	$G_6$	$O_6 - O_5$	$G_7$	$O_7 - O_6$	$G_8$	$O_8 - O_7$	$\frac{l_9}{h}$	$G_9$	$O_9 - O_8$
0,693	0,023 <sub>5</sub>	0,734	0,010 <sub>5</sub>	0,776	0,010 <sub>5</sub>	0,883	0,037 *	tot	—	—
0,562	0,003 <sub>5</sub>	0,572	0,002 <sub>5</sub>	0,580	0,002	0,586	0,001 <sub>5</sub>	17—65 70½	0,590	0,001 GM
0,592	0,012 <sub>5</sub>	0,70 <sub>5</sub>	0,028	0,728	0,006	0,746	0,004 <sub>5</sub>	7—81 86	0,786	0,010 "
0,643	0,023	0,666	0,005 <sub>5</sub>	0,689	0,004 <sub>5</sub>	0,716	0,007	11—83½ 89½	0,739	0,006 "
0,642	0,027 <sub>5</sub>	0,678	0,009	0,721	0,010 <sub>5</sub>	0,739	0,005	2—52½ 57	0,782	0,010 <sub>5</sub> "
0,576	0,006 <sub>5</sub>	0,689	0,028	0,707	0,005	0,723	0,004	8½—57½ 57½	0,741	0,004 <sub>5</sub> "
0,542	0,001 <sub>5</sub>	0,549	0,001 <sub>5</sub>	0,556	0,002	0,62 <sub>5</sub>	0,017	6—60 73	0,652	0,007 "
0,533	0,003 <sub>5</sub>	0,533	—	0,664	0,033*	tot	—	—	—	—
0,553	0,007	zur.*	—	tot	—	—	—	—	—	—
zurück	—	tot	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0,588	0,012 <sub>5</sub>	0,700	0,028*	tot	—	—	—	—	—	—
0,591	0,019	0,636	0,011	0,667	0,008	—	(0,009 <sub>5</sub> )	5—53 56	0,743	2× 0,009 <sub>5</sub> "
0,641	0,023*	tot	—	—	—	—	—	—	—	—
0,502	0,001 <sub>5</sub>	0,517	0,003 <sub>5</sub>	0,527	0,003	0,656	0,032	2—42 50½	0,666	0,002 <sub>5</sub> "
0,519	—	0,537	0,004	0,626	0,022 <sub>5</sub>	0,642	0,004 <sub>5</sub>	10½—55 57	0,669	0,006 <sub>5</sub> "
0,698	0,046 <sub>5</sub> GM	0,70 <sub>5</sub>	0,002 <sub>5</sub> GM	0,728	0,005 GM	tot	— GM	—	—	—
$O_5 - O_4 =$		$O_6 - O_5 =$		$O_7 - O_6 =$		$O_8 - O_7 =$		$O_9 - O_8$ (Mittel) =		
0,0067 GM		0,0088 GM		0,0072 GM		0,0093 GM		0,0063 GM		

Ein Bild vom Wesen der Vorgänge wird sich in beschränkten Raume am besten geben lassen, wenn ich eine typische Versuchsreihe vollständig mitteile.

Zum folgenden Versuche dienten drei unmittelbar benachbarte Stengel-längsschnitte aus der Mitte eines Internodiums von *Tradescantia elongata*. Sie kamen lach dem Schneiden in dest.  $H_2O$ . Schnitt A wurde über Nacht ( $15\frac{1}{2}$  Stunden) gewässert, darauf in 0,25 GM  $KNO_3$  gebracht und vom Eintritt perfekter Plasmolyse ( $2\frac{1}{4}$  St nach Versuchsbeginn) bis zur 12. Stunde der Plasmolyse in stündlichen Intervallen plasmometrisch untersucht. Im (gleichlange gewässerten) Schnitt B wurde in Zellen, die den in A gemessenen möglichst gleich waren, in 0,80 GM Rohrzucker der wahre osmotische Wert bestimmt. Schnitt C kam (nach  $1\frac{1}{2}$  stündl. Wässerung) in 0,25 GM  $KNO_3$ , wurde hier nach  $2\frac{1}{4}$  St zum ersten Mal, nach weiteren  $13\frac{1}{2}$  St zum zweiten Mal untersucht und, da die Plasmolyse nun fast zurück war, in 0,80 GM  $KNO_3$  neuerlich plasmolysiert; hier wurde sodann der Verlauf der Salzaufnahme von der 18. bis zur 24. Stunde verfolgt.

Die Tabellen sind so angelegt wie früher.

(Versuch A vgl. S. 316/17.)

Versuch A zeigt den Verlauf der Salzaufnahme von der 3. bis zur 12. Stunde der Plasmolyse. Die Permeabilität nimmt hier in dieser Zeit nicht ab. Die im Mittel in alle jeweils intakten Protoplaste aufgenommenen Lösungsmengen sind für die aufeinanderfolgenden Stunden:  $M^1) = 0,0044, 0,0045, 0,0042, 2 \times 0,0066, 0,0084, 0,0072, 0,0093, 0,0063$  GM  $KNO_3$ . Alle M-Werte sind von der Größenordnung, die meine früher (l. c.) mitgeteilten Messungen als typisch für das Objekt ergeben haben.

Der Versuch enthält ferner eine Reihe bemerkenswerter Tatsachen, wenn man die Schicksale der Einzelzellen aufmerksam ins Auge faßt.

Der zeitliche Verlauf ihrer Permeabilität ergibt sich aus einem Vergleich der in jeder Querzeile stehenden fettgedruckten Ziffern. Um das Resultat noch anschaulicher zu machen, führe ich in der folgenden Tabelle die inere Ausdehnung der Protoplaste in den aufeinanderfolgenden Zeitabschnitten an.

Die Ziffern besagen, um wieviel Mikrometerstriche sich jeder Protoplast in jedem Messungsintervall in der Längsrichtung ausgedehnt hat. Der Permeabilitätsverlauf jeder einzelnen Zelle wird so auch ohne alle Berechnung klar. Die Zahlen sind, da hier alle Zellen gleich breit, den aufgenommenen Stoffmengen (in g  $KNO_3$ ) proportional<sup>2)</sup>, doch nicht den Lösungs-

1) Auf die genaue Zeiteinheit korrigiert.

2) In Zelle 1 liegt z. B. der Protoplast bei der I. Ablesung zwischen Teilstrich 23—71, bei der II. Abl. zwischen 21—71 $\frac{1}{2}$ , also  $l_1 = 48'$ ,  $l_2 = 50\frac{1}{2}'$ , die lineare Ausdehnung  $l_2 - l_1 = 2\frac{1}{2}'$ . Die absolute aufgenommene  $KNO_3$ -Menge läßt sich daraus berechnen. Ein Mikrometerteilstrich =  $8,9 \mu$  (ZEISS, Obj. D, Ok. 4, Tubus 150 mm). Da die Zellen im Querschnitt nahezu kreisförmig und die Zellbreite  $b = 21'$ , der Radius  $r = 10\frac{1}{2}'$ , entspricht die Aus-

mengen (in GM pro Liter). Es sei noch bemerkt, daß die Fehlergrenze der Ablesungen bei  $\pm 1'$  ist.

Da die Zeit zwischen der IV. und V. Messung 2 Stunden betrug, sind diese Werte durch 2 zu dividieren, um mit den anderen vergleichbar zu werden.

Zelle	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.
	Messung								
1	$2\frac{1}{2}$	$2\frac{1}{2}$	$6\frac{1}{2}$	$8\frac{1}{4} : 2$	$3\frac{3}{4}$	4	$9\frac{1}{2}^*$	tot	
2	$2^2$	2	1	1 : 2	$1\frac{1}{2}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{4}$	
3	$2\frac{2}{3}$	$1\frac{7}{12}$	$3\frac{3}{4}$	$4\frac{1}{4} : 2$	$9\frac{3}{4}$	2	$1\frac{1}{2}$	$3\frac{1}{2}$	
4	—	$2\frac{1}{4}$	1 2	$8\frac{1}{4} : 2$	2	$2\frac{1}{4}$	$2\frac{1}{4}$	2	
5	1	1	1	$6\frac{1}{4} : 2$	2	$1\frac{1}{2}$	1	$2\frac{1}{2}$	
6	$1\frac{1}{4}$	$3\frac{3}{4}$	$3\frac{3}{4}$	$1\frac{1}{2} : 2$	$6\frac{1}{2}$	1	1	1	
7	$\frac{1}{4}$	2	$1\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2} : 2$	$\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{2}$	5	2	
8	$2\frac{1}{4}$	$3\frac{3}{4}$	$1\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{3} : 2$	—	$11\frac{1}{4}^*$	tot		
9	$1\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{2}$	$3\frac{3}{4}$	$1\frac{3}{4} : 2$	zur.*	tot			
10	$5\frac{5}{6}$	$3\frac{3}{4}$	$14\frac{1}{4}^*$	zurück	tot				
11	$1\frac{1}{6}$	$1\frac{1}{4}$	tot						
12	$\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{2}$	$2\frac{1}{2} : 2$	$5\frac{1}{2}^*$	tot			
13	1	$1\frac{1}{4}$	$1\frac{1}{2}$	$4\frac{1}{4} : 2$	$2\frac{1}{2}$	$2\frac{1}{4}$	∇	$3\frac{1}{4} : 2$	
14	$3\frac{3}{4}$	$2\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{2}$	$7\frac{1}{4} : 2^*$	tot				
15	1	1	$1\frac{1}{2}$	$\frac{1}{4} : 2$	$\frac{3}{4}$	$\frac{1}{2}$	$6\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{2}$	
16	$\frac{1}{2}$	1	$3\frac{1}{4}$	—	1	5	1	$1\frac{1}{2}$	
17	1	$1\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$	$9\frac{1}{2} : 2$	$1\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{2}$	tot		

Das Bild der Permeabilitätswerte ist also sehr bunt! Die Einzelwerte sind noch weit weniger konstant als die Mittelwerte. Der zeitliche Verlauf der Permeabilität für die einzelne Zelle ist keineswegs stetig.

Besonders oft ist ein Protoplast gerade in einem Intervall ganz auffallend stark durchlässig.

Betrachtet man diese hohen Werte, so erkennt man, daß von den 8 Protoplasten, die während des Versuches abgestorben sind, 6 gerade in der letzten Stunde vor der, in welcher sie starben, abnormal hohe  $\text{KNO}_3$ -Mengen aufgenommen haben: so Zelle 1 bei der VIII. Messung, Zelle 8 bei der VII., 10 bei der IV. Messung usw. (durch \* bezeichnet)<sup>1)</sup>: Spuren sonstiger Schädigung (unregel-

dehnung um  $1'$  einer Volumzunahme um  $\nu^2\pi \quad 3,9^2\mu^3 = 346 \times 59,32 \mu^3 = 20590 \mu^3$ . Soviel  $\text{KNO}_3$ -Lösung ist eingedrungen. Ein Liter Lösung von 0,25 GM enthält  $101,12 : 4 = 25,28 \text{ g KNO}_3$ , ein  $\mu^3$   $10^{-15}$  mal weniger, und die Volumzunahme um  $1'$  entspricht in unsern Zellen also einer Aufnahme von  $25,28 \times 20590 \cdot 10^{-15} = 5,205 \cdot 10^{-10} \text{ g.} = 0,5 \cdot 10^{-6} \text{ mg KNO}_3$ , oder einem halben Milliontel Milligramm  $\text{KNO}_3$ . So unvorstellbar kleine Salzmengen können durch die plasmometrische Untersuchung bei ihrem Eintritt in den lebenden Protoplasten noch quantitativ nachgewiesen werden!

1) Diese Zellen wurden von der Berechnung der Mittelwerte ausgeschlossen.

mäßige Kontur, „Tonoplastenstadium“<sup>1)</sup> waren bei der betr. Ablesung nicht wahrzunehmen. Zweifellos handelt es sich hier um „pathologische“, irreversibel erhöhte Permeabilität, die als erstes Symptom den in der folgenden Stunde bevorstehenden Tod ankündigt. Der ganz allmähliche Verlust des fürs Leben charakteristischen Permeabilitätswiderstandes war seit DE VRIES<sup>2)</sup> bekannt und wird nun quantitativer Verfolgung zugänglich.

Ganz überraschend sind aber die Ungleichmäßigkeiten im Verlauf der Stoffaufnahme bei den anderen, den dauernd lebensfähigen Protoplasten.

Eine stete Abnahme der Permeabilität, wie sie FITTING — im Mittel für ganze Präparate — bei *Rhooc* fand, zeigen Zelle 2 und Zelle 8 (bis zur VI. Messung).

Bei mehreren Zellen nimmt aber die Durchlässigkeit, nachdem sie ein paar Stunden gesunken oder an sich gering war, bei einer späteren Messung wieder zu und steigt vorübergehend zu hohen Werten an. So besonders auffällig bei Zelle 3 und 6, VI. Messung; Z. 7 und 16, VIII. M.; Z. 16, VII. M.; — ferner bei Z. 1, IV. M.; Z. 4 und 17, V. M. — All diese Protoplaste bleiben nachher stundenlang am Leben, sie behalten nicht nur ihr völlig normales Aussehen (kugelige Oberflächenrundung), sondern sie zeigen nach der vorübergehenden Erhöhung wieder Permeabilitätswerte, ähnlich wie vorher. So Zelle 3, 4, 6, 16, 17.

Erneute Stoffaufnahme nach völligem Stillstand zeigen Z. 4, III. M., Z. 16, VI. M.

Versuchsfehler, wie Konzentrationsschwankung der Untersuchungsflüssigkeit, liegen hier sicher nicht vor. Dies wird sehr schön bewiesen durch den Umstand, daß in jedem Intervall die große Mehrzahl der Zellen sich „normal“ verhält — während umgekehrt auch fast jedesmal irgendwo Schwankungen vorkommen. Daraus darf aber auch der Schluß gezogen werden, daß diese Änderungen der Permeabilität nicht direkte Reaktionen auf äußere Einflüsse darstellen, denn von solchen müßten ja alle benachbarten Zellen des Versuches betroffen werden<sup>3)</sup>.

Es besteht nun gewiß kein Grund, diese vorübergehende Zunahme der Permeabilität als pathologisch zu bezeichnen! Man wird sie nicht der bekannten, auch im plasmometrischen Versuch so scharf hervortretenden prämortalen Permeabilitätszunahme gleich-

1) Vgl. HÖFLER, Denkschr. d. Akad. d. Wiss. in Wien, I. Abt., Bd. 95, 1918, S. 154 (im folg. gekürzt „Denkschr. S.“).

2) Jahrb. f. wiss. Bot., Bd. 16, 1885, S. 465. — Wie werden die Kurven der Permeabilitätsänderung bei kürzeren Messungsintervallen ausfallen?

3) Tatsächlich findet man auch bei sorgfältigen Versuchen oft in einem best. Intervall an vielen Zellen auffällig hohe oder niedere Permeabilitätswerte. Die betreffende Messung ist dann zunächst minder zuverlässig. Wird ein Schnitt irgendwie geschädigt, so äußert sich dies meist darin, daß auffällig viele Zellen tot oder irreversibel erhöht sind.

setzen. Man muß sie der normalen Zelle zuschreiben<sup>1)</sup>. Wir stehen da vor einer neuen, bisher unbekanntem Tatsache. Gesunde plasmolytierte Protoplasten zeigen in hypertotonischer  $\text{KNO}_3$ -Lösung ganz bedeutende reversible Permeabilitätschwankungen.

Versuch A gibt noch keinen Aufschluß über Verlauf und Größe der Permeabilität während der 2 ersten Stunden der Plasmolyse. Ist nicht vielleicht am Beginn die Durchlässigkeit, wie bei *Rhoeo*, bedeutend höher? Da unsere Methode für die Zeit imperfekter Plasmolyse versagt<sup>2)</sup>, versuchte ich hierüber auf indirektem Wege Aufschluß zu gewinnen, mittelst der von FITTING neuerlich genau bestimmten isotonischen Koeffizienten<sup>3)</sup>.

Zu diesem Zwecke wurde im unmittelbar benachbarten Schnitt B in ganz gleich gelegenen, gleich breiten Zellen der wahre osmotische Rohrzuckerwert plasmometrisch bestimmt.

## Versuch B

18. VI. 1918.

15 $\frac{1}{2}$  Stunden in  $\text{H}_2\text{O}$ . Dann in 0,30 GM Rohrzucker. Hier 1. Messung nach 5 Stunden (diese Wartezeit war als die günstigste erprobt, Denkschr., l. c., 1918, S. 139). Der Grad der Plasmolyse betrug in 13 benachbarten 21' breiten Zellen einer Längsreihe:

$G = 0,584, 0,643, 0,587, 0,594, 0,574, 0,603, 0,608, 0,604, 0,606, 0,603, 0,599, 0,594, 0,607$ ; — Mittelwert  $G_{30} = 0,6005$ .

$0_{30} = 0,6005 \times 0,30 = 0,18015$  GM Rohrz. (= 0,110 GM  $\text{KNO}_3$ ).

Der mittlere osmotische Wert ist 0,180 GM Rohrz. Wir dürfen annehmen, daß der Wert der in Versuch A verwendeten Zellen vor der Plasmolyse in  $\text{KNO}_3$  (und nach dem Wässern) der gleiche war. Der von FITTING für die gleiche Konzentrationslage bestimmte isotonische Koeffizient für  $\text{KNO}_3$  ist 1,64 (für Rohrz. = 1). Also ist der anfängliche  $\text{KNO}_3$ -Wert in Vers. A =  $0,180 : 1,64 = 0,110$  GM  $\text{KNO}_3$ . Bei der ersten Messung in 0,25 GM  $\text{KNO}_3$  war der Wert 0,1214 GM  $\text{KNO}_3$ . Somit wären in den 2 $\frac{1}{4}$ –2 $\frac{1}{2}$  Stunden vor der ersten Messung in Mittel beiläufig 0,0114 GM  $\text{KNO}_3$  eingedrungen, was einer stündlichen Aufnahme von etwa  $M = 0,0049$  GM<sup>1)</sup> entspricht.

1) Die sich freilich im plasmolytischen Versuch unter „unphysiologischen“ Bedingungen befindet.

2) Diese Ber., l. c., Bd. 36, S. 439.

3) Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. 57, 1917, S. 553, 602.

4) Die Werte sind naturgemäß minder genau als die direkt an denselben Zellen gemessenen, u. a. deshalb, weil bei der absoluten osmotischen Wertung mit Elektrolytsalzen ja am direkt berechneten Wert ( $O = C \times G$ ) eine kleine „physikalische“ (Diese Ber., l. c., S. 430) Korrektur rücksichtlich des inkonstanten Ionisationsgrades anzubringen wäre;  $M$  würde dadurch etwas kleiner.



## Versuch C.

KNO<sub>3</sub>-Permeabilität in der

Schnitt erst 1½ Stunden gewässert. Am 17. VI. 5h30 nachm. in 0,25 GM KNO<sub>3</sub>, hier 1. Messung nach 2¼ St um 7h45-8, 2. Messung am 18. VI. 9h20-40 vorm. Die Plasmolyse war fast verschwunden, der Schnitt wurde daher um 9h40 in 0,30 GM KNO<sub>3</sub> übertragen, wo neue Pl eintrat und hier gleichzeitig und unter gleichen Bedingungen wie Schnitt A. u. B. beobachtet, 3. Messung 10h35-45, 4. Messung 11h35-48, 5. Messung 1h05-22, 6. Messung 3h35-50, 7. Messung 4h35-50, Am 19. VI. Zellen meist tot. — 17 benachbarte Zellen einer Längsreihe wurden gemessen. Sie waren schmaler als die Zellen des Versuchs A u. B (nur 3' breit) und lagen näher am Gefäß-

C	Zelle	1. Messung 7h45-8h abd.					2. Messg 9h20-40	C	3. Messung 10h35-45			
		$\frac{l_1}{h}$	2 m	b	G <sub>1</sub>	O <sub>1</sub>	G <sub>2</sub>		$\frac{l_3}{h}$	2 m	G <sub>3</sub>	O <sub>3</sub> -O <sub>1</sub>
0,25 GM KNO <sub>3</sub>	1	impf.	—	8	—	—	0,870	0,30 GM KNO <sub>3</sub>	2-55	2×3½	0,720	—
	2	impf.	—	"	—	—	0,871		70	"	0,708	—
	3	impf.	—	"	—	—	zur.		3½-33	"	0,708	—
	4	impf.	—	"	—	—	0,94		8-55½	1×3½	0,832	—
	5	impf.	—	"	—	—	Gr.		55½	"	0,769	—
	6	3-30	2×3½	0,650	0,1625	Gr.	0-53		2×3½	0,770	—	
	7	37½	"	"	0,634	0,1585	Gr.		10-75	"	0,810	0,0805
	8	8½-39	"	"	0,630	0,1575	zurück n. Grenzpl.		81	"	0,810	0,0805
	9	44	"	"	0,649	0,162	zurück n. Grenzpl.		0-33	"	0,810	0,0805
	10	5-41	"	"	0,639	0,160	zurück n. Grenzpl.		37½	"	0,845	0,095
	11	53½	"	"	0,668	0,167	zurück n. Grenzpl.		5½-44	1×3½	0,845	0,095
	12	6-42	"	"	0,604	0,151	zurück n. Grenzpl.		44	"	0,869	0,104
	13	51½	"	"	0,672	0,168	zurück n. Grenzpl.		0-48½	3+2	0,869	0,104
	14	15-65½	"	"	0,665	0,166	zurück n. Grenzpl.		53½	"	0,854	0,092
	15	75	"	"	0,660	0,165	zurück n. Grenzpl.		0-46	3+2	0,854	0,092
	16	9½-63½	"	"	0,601	0,150	zurück n. Grenzpl.		51½	"	0,795	0,0785
	17	77	"	"	0,672	0,168	zurück n. Grenzpl.		9-71¼	2×3½	0,795	0,0785
	7½-40	"	"	0,604	0,151	zurück n. Grenzpl.	75	"	0,834	0,083		
	49½	"	"	0,601	0,150	zurück n. Grenzpl.	3¼-70	"	0,816	0,094		
	3-26	"	"	0,665	0,166	zurück n. Grenzpl.	77	"	0,816	0,094		
	33½	"	"	0,624	0,156	zurück n. Grenzpl.	0-43	"	0,816	0,094		
	17²/₃-59	"	"	0,672	0,168	zurück n. Grenzpl.	49½	"	0,857	0,107		
	62	"	"	0,660	0,165	zurück n. Grenzpl.	0-30	1×3½	0,857	0,107		
	3-32½	"	"	0,672	0,168	zurück n. Grenzpl.	33½	"	—	—		
	40	"	"	0,665	0,166	zurück n. Grenzpl.	tot	—	—	—		
	12-53½	"	"	0,660	0,165	zurück n. Grenzpl.	0-38½	3+1	0,922	0,0885		
	58½	"	"	0,665	0,166	zurück n. Grenzpl.	40	"	0,922	0,0885		
	0-27+38-72	"	"	0,660	0,165	zurück n. Grenzpl.	0-51	2×3½	0,835	0,0845		
	84½	"	"	0,660	0,165	zurück n. Grenzpl.	58	"	0,776	0,068		
							10-78¼	"	0,776	0,068		
							84½			GM		

O<sub>1</sub> (Mittel) = 0,160 GM

verschmolzen

18.—24. Stunde der Plasmolyse.

17./18. VI. 1918.

bündel und sind insofern nicht ganz vergleichbar; sie waren bei der 1. Messung am 17. VI. gewählt worden, da in den meisten andern Zellen die Plasmolyse noch imperfekt gewesen war. Ihre osmot. Anfangswerte sind höher, wohl entsprechend der Lage der Zellen und der kürzeren Dauer der Wässerung (vgl. Denkschr., l. c. S. 138, 140). Lineare Ausdehnung der Protoplaste um 1' entspricht hier einer absoluten  $KNO_3$ -Aufnahme von  $7,5 \cdot 10^{-11}$  g. Bezeichnung wie früher: außerdem impf. = imperfekte Plasmolyse, Gr = Grenzplasmolyse. z = zur -- Plasmolyse zurück.

4. Messung 11h35—48		5. Messung 1h05—22		6. Messung 3h35—50		7. Messung 4h35—50			07—08
G <sub>4</sub>	04—03	G <sub>5</sub>	05—04	G <sub>6</sub>	06—05	$\frac{1}{h}$	G <sub>7</sub>	07—06	
0,720	—	0,720	—	0,777	<b>0,017</b>	$1-58\frac{1}{2}$ 70 [Ton	0,777	—	<b>0,017 GM</b>
0,708	—	0,708	—	0,827	<b>0,035</b>	—	zur.	—	—
0,846	<b>0,004</b>	0,859	<b>0,004</b>	0,922	<b>0,019</b>	$11\frac{1}{2}-55\frac{1}{2}$ 55 $\frac{1}{2}$	0,950	<b>0,0085</b>	<b>0,035</b> „
0,774	<b>0,0015</b>	0,774	—	0,777	<b>0,001</b>	0—53 $\frac{1}{2}$ 65 $\frac{1}{2}$	0,777	—	<b>0,0025</b> „
0,812	<b>0,0215*</b>	tot	—	—	—	—	—	—	—
0,851	<b>0,0125</b>	0,884	<b>0,010</b>	zur.	$\geq 0,035$	—	zur.	—	[ $\geq 0,0575^2$ ]
0,857	<b>0,0035</b>	0,850	—	0,868	<b>0,0035</b>	$4\frac{1}{2}-44$ 44	0,868	—	<b>0,007</b> „
0,869	—	0,869	—	0,869	—	0—48 $\frac{3}{4}$ 58 $\frac{1}{2}$	0,875	<b>0,002</b>	<b>0,002</b> „
0,854	—	0,854	—	0,854	—	0—46 $\frac{1}{2}$ 51 $\frac{1}{2}$	0,864	<b>0,003</b>	<b>0,003</b> „
0,795	—	0,795	—	0,808	<b>0,004</b>	9—72 $\frac{1}{4}$ 75	0,808	—	<b>0,004</b> „
0,837	<b>0,001</b>	0,837	—	0,837	—	2—69 $\frac{1}{2}$ 77	0,843	<b>0,002</b>	<b>0,003</b> „
0,816	—	0,816	—	0,826	<b>0,003</b>	0—43 $\frac{1}{2}$ 49 $\frac{1}{2}$	0,826	—	<b>0,003</b> „
0,857	—	0,857	—	0,857	—	0—30 33 $\frac{1}{2}$	0,857	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0,922	—	0,936	<b>0,004</b>	zur.	$\geq 0,019$	—	zur.	—	[ $\geq 0,0235^2$ ]
0,835	—	0,843	<b>0,0025</b>	0,852	<b>0,003</b>	0—52 $\frac{1}{2}$ 58	0,860	<b>0,0025</b>	<b>0,0075</b> „
0,816	<b>0,0205*</b> GM	zur.	— GM	—	— GM	—	—	—	—

Damit ist ein wichtiger Nachweis erbracht. Die Durchlässigkeit ist in den ersten 2 Stunden nicht wesentlich anders als nachher. Daraus darf man aber schließen, daß die nach dem Eintritt der Endplasmolyse von der 3. Stunde an gemessene Permeabilität noch die charakteristische ist. Die im vorigen Aufsatz<sup>1)</sup> als Paradigma für plasmometrische Permeabilitätsmessungen vorgeführten Versuche werden durch diesen Nachweis nachträglich gerechtfertigt.

Wie die Permeabilität bei noch längerdauernder Salzeinwirkung sich verhält, zeigt der an einem Nachbarschnitt vorgenommene Versuch C, in dem die Gesamtpermeabilität der 3.—18. und der Einzelverlauf von der 18. bis zur 24. Stunde der Plasmolyse verfolgt wurde.

(Versuch C vgl. S. 322/23.)

Von der 8. bis zur 17. resp. 18. Stunde sind aus 0,25 GM um 0,09 GM  $\text{KNO}_3$  eingedrungen, also im Mittel für die ganze Zeit pro Stunde  $M = 0,006 \text{ GM}$ , — etwa ebensoviel wie im Versuch A. Als nach dem Rückgang der Plasmolyse die Zellen in 0,30 GM  $\text{KNO}_3$  neu plasmolysiert wurden, erwies sich hier schon im ersten Intervall (19. St) die Permeabilität als sehr gering; sie ist gesunken, fast 0 geworden. Nur die Zellen 5 und 17 sind stark permeabel,  $M = 0,0215$  u.  $0,0205 \text{ GM}$ ; sie erscheinen dadurch abnormal — tatsächlich sterben beide bald nachher. Pathologisch erhöhte Permeabilität tritt somit auch nach so langer Plasmolyse noch als prämortale Erscheinung auf. — Erhöht durchlässig sind dann auch Z. 1 und 2 bei der VI. Messung.

10 andere Zellen bleiben bis zuletzt intakt. Sie zeigen in klarer Weise die Abnahme der Durchlässigkeit bei lang dauernder  $\text{KNO}_3$ -Plasmolyse. Von Zelle 6—16 wissen wir, daß sie von 8<sup>h</sup> abd. bis 9<sup>h</sup>20 resp. 10<sup>h</sup>35 vorm 0,07 bis 0,11 GM  $\text{KNO}_3$  aufgenommen haben (allerdings ist nicht festgestellt, wann innerhalb dieser Zeit die Aufnahme erfolgt ist); von der 3.—7. Messung erwiesen sich nun dieselben Zellen als fast undurchlässig für das Salz. Der Protopsast 13 ist während der 6 Stunden ganz konstant geblieben, die Prot. 4, 8—12, 16 haben sich noch ein ganz klein wenig ausgedehnt, um  $\frac{1}{4}$ — $1\frac{1}{2}'$  was einer osmot. Wertzunahme von 0,002—0,007 GM  $\text{KNO}_3$  entspricht. Die Salzaufnahme ist also in der 17.—24. Stunde nicht ganz sistiert, aber sie ist im Vergleich zur anfänglichen unmerklich klein.

Daß die Protoplaste auch jetzt noch sich individuell verschieden verhalten, beweist Zelle 3; ihre Permeabilität in der 18.—24. St von 0,035 GM,  $M = 0,0059 \text{ GM}$ , entspricht noch genau der früheren mittleren Salzaufnahme aller Protoplaste, ist also nicht vermindert. Desgleichen ist in Zelle 16 die Perm. klein, aber deutlich bis zuletzt. — Auch Schwankungen an intakten Protoplasten sind noch nachzuweisen.

In der großen Mehrzahl der Zellen ist aber die von FITTING an *Rhoco* konstatierte Abnahme der Permeabilität bei dauernder

1 Diese Ber., I. c. S. 424f., 433.

Salzplasmolyse für mein Objekt bestätigt, nur tritt sie hier erst viel später, und nicht in allen Zellen, ein

Gänzlich verschwindet die Permeabilität auch bis zur 24. Stunde in der Regel noch nicht, ja ich habe in anderen Versuchen auch für die 24.—48. <sup>St</sup> noch Durchlässigkeit, wenn auch  $\pm$  stark vermindert gegenüber dem Beginn der Versuche, nachweisen können!). —

Schon diese wenigen Versuche zeigen, daß die Erscheinungen des Permeabilitätsverlaufes am Einzelprotoplasten viel verwickelter und mannigfaltiger sind, als man bisher hat annehmen können<sup>2)</sup>. Die Zahl der möglichen Fälle ist mit den mitgeteilten nicht erschöpft. Sie läßt sich auch noch kaum überblicken. Bietet doch bei dem heutigen Stande der Plasmometrie fast jeder mit Umsicht unternommene Versuch in irgendwelcher Hinsicht Neues, Unerwartetes. Wie bei so vielen Erscheinungen an Lebendigen tritt auch bei den Permeabilitätserscheinungen gerade die individuelle Mannigfaltigkeit besonders stark hervor.

Nichts ist deshalb auf dem jungen Arbeitsfelde gefährlicher als voreilige Generalisierung der Resultate oder Versuche theoretischer Interpretation, die auf Eindeutigkeit Anspruch erheben. Der Zweck der vorliegenden Mitteilung ist nur, einige wesentliche, oft wiederkehrende Züge festzulegen.

### Zusammenfassung.

An den Stengelzellen von *Tradescantia elongata* wurde der zeitliche Verlauf der Plasmapermeabilität in hypertonischer  $\text{KNO}_3$ -Lösung plasmometrisch verfolgt.

1) Auf die interessanten Permeabilitätsphänomene an „Tonoplasten“ (Protoplasten, an denen Außenhautschicht, Binnenplasma und Kern tot sind und nur die innerste, an die Vakuole grenzende Plasmaschicht mehr lebt) soll erst später eingegangen werden — ebenso auf die merkwürdigen, abnormalen, in Salzlösungen auftretenden Plasmolyseformen, die ich „Kappenplasmolyse“ nannte. An diesen läßt sich die Permeabilität der äußeren und inneren Plasmahautschicht gesondert plasmometrisch messen; ich bin mit der monographischen Untersuchung dieser Formen beschäftigt.

2) Es liegt nahe zu erwarten, daß der Einfluß variierbarer Außenfaktoren (Temperatur, Zusatz chemischer Agentien oder Vorbehandlung mit solchen, ev. Licht) sich im zeitlichen Verlauf ebenso sehr oder vielleicht noch deutlicher äußern müßte als in der absoluten Größe der Permeabilität. Bei derartigen Untersuchungen werden jedoch, zumindest wo es sich um Salzdurchlässigkeit handelt, die hier nachgewiesenen, wie es scheint, autonom erfolgenden Schwankungen der Permeabilität zu berücksichtigen sein.

Wenn die Protoplaste nach etwa 2stündiger Plasmolyse ihre Endform erreichen und die direkte Messung beginnen kann, ist die Permeabilität noch typisch, nicht herabgesetzt. Gleiche Nachbarzellen verhalten sich in ihrem Permeabilitätsverlauf sehr ungleich. Auch dieselbe Zelle pflegt in aufeinanderfolgenden Zeitabschnitten sehr ungleiche  $\text{KNO}_3$ -Mengen aufzunehmen.

Der deutlichste Zug ist der ganz allmähliche Permeabilitätsanstieg in den Stunden vor dem Tode. Außerdem werden bisher unbekannte, reversible Permeabilitätsschwankungen am dauernd lebensfähigen Protoplasten nachgewiesen, die im einzelnen sehr verschiedenartig sein können und die nicht als direkte Reaktion auf äußere Einflüsse zu deuten sind.

Bei lang dauernder Salzplasmolyse tritt die von FITTING gefundene Abnahme der Permeabilität hervor. Sie tritt nur erst viel später auf als bei *Rhoeo*. Sie erfolgt bei vielen, doch nicht bei allen Zellen.

#### 41. Norbert Patschovsky: Indigokarmin zur Schnellfärbung des Zellkerns.

(Eingegangen am 12. August 1919.)

Einige Mißerfolge mit dem zur raschen Tinktion des Zellkerns viel verwendeten Gemisch von Methylgrün und Essigsäure waren für mich der Anlaß, nach einem anderen Farbstoff zu suchen, mit dem sich eine schnelle Kernfärbung, wie sie etwa im Anfängerpraktikum brauchbar sein kann, erzielen ließe. Zu einem überraschend guten Ergebnis kam ich in dieser Richtung mit einer Mischung von wässriger Indigokarminlösung mit Essigsäure. Der verwendete Farbstoff stammt von E. MERCK (Darmstadt) und ist bezeichnet als „Indigocarmin opt. Teigform“.

Ich pflege eine tiefblaue wäßrige Lösung herzustellen, die indes nicht so intensiv ist, daß sie als dünne Schicht zwischen Objektträger und Deckglas dunkler als ein blasses Hellblau erscheint. Der Zusatz von Essigsäure erfolgt am besten erst bei der Anwendung, in der Weise, daß man auf dem Objektträger die Farblösung mit einem Tropfen Essigsäure mischt und das Objekt darin untertaucht. Es hat sich nämlich gezeigt, daß von vornherein

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

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

Jahr/Year: 1919

Band/Volume: [37](#)

Autor(en)/Author(s): Höfler Karl

Artikel/Article: [Über den zeitlichen Verlauf der Plasmadurchlässigkeit in Salzlösungen. 314-326](#)