

50. Karl Höfler: Über die Permeabilität der Stengelzellen von *Tradescantia elongata*¹⁾ für Kalisalpeter.

(Aus dem Pflanzenphysiologischen Institut der k. k. Universität Wien, Nr. 121, der II. Folge.)

(Mit einer Abbildung im Text.)

(Eingegangen am 25. Juli 1918.)

Bei meinen bisherigen Permeabilitätsstudien habe ich mich am eingehendsten mit der Aufnahme des Kalisalpeters in den lebenden Protoplasten beschäftigt. Die Frage der Salzdurchlässigkeit des Plasmas ist, wie bekannt, von hohem, und eben jetzt von aktuellem Interesse. Hier liegen auch, was für mich im besonderen bestimmend war, aus FITTINGS²⁾ Messungen an *Rhoeo discolor* die besten quantitativen Vergleichswerte bereits vor.

Neben der Feststellung der absoluten Größe der Durchlässigkeit, war es meine Absicht, die von FITTING an *Rhoeo* nachgewiesene permeabilitätshemmende Wirkung des Salzes mit der plasmometrischen Methode auch an anderen Objekten kennen zu lernen. Meine diesbezüglichen Erfahrungen sollen in einer nächsten Mitteilung zur Sprache kommen.

Für die folgenden Versuche diente *Tradescantia elongata* G. F. W. Meyer¹⁾. Ich verwendete wieder die gestreckten, äußeren, ans Stranggewebe grenzenden Grundgewebszellen des Stengels und die Zellen der 3—4 nächstinneren Reihen. Sie haben mir als Objekt für Plasmolyseversuche verschiedenste Art seit langem gute Dienste getan.

Ein paar allgemeine Maßregeln für plasmometrische Präzisionsmessungen habe ich a. a. O.³⁾ beschrieben. Bei den Permeabilitätsversuchen muß vor allem darauf geachtet werden, daß die Konzentration des Plasmolytikums aufs genaueste konstant bleibt; kleine Schwankungen könnten die Protoplastenvolumina ändern und zu groben Täuschungen führen.

Die Lösungen wurden volumnormal aus reinstem KNO₃ (Kahlbaum, mit Garantieschein), meist direkt in gewünschter Stärke, hergestellt. Die

1) *Tradescantia elongata* G. F. W. Meyer = *Tradescantia guianensis* Miq.

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

3) Denkschr. d. Kais. Akad. Wien, Mathem.-naturw. Klasse, I. Abt. Bd. 95, 1918, S. 120 f.

Versuch 1.

Der Schnitt vor dem Versuche 17 Stunden in H_2O . Am 14. VI. 10^h vorm. in 0,20 GM KNO_3 , 10^h 30 von da in 0,25 GM KNO_3 . Hier 1. Messung 12^h 35—50, 2. Messung 3^h 10—25, 3. Messung 5^h 45—58. — Zelle 1—9 in einer, 10—14 in der benachbarten Längsreihe. Der Meniskusfaktor λ ist in Z. 1—9

C	Zelle	1. Messung 12 ^h 35—50				
		$\frac{l_1}{h}$	2 m	b	$\frac{l_1 - 2 \lambda m}{h} = G_1$	O_1
0.25 GM KNO_3	1	$\frac{3-36\frac{1}{2}}{60}$	$2 \times 5\frac{1}{2}$	13	$\frac{33,5-4,2}{60} = 0,488$	0,122
	2	$\frac{19\frac{1}{2}-65\frac{1}{2}}{84}$	"	"	$\frac{46-4,2}{84} = 0,498$	0,1245
	3	$\frac{12\frac{1}{2}-44}{56}$	"	"	$\frac{31,5-4,2}{56} = 0,488$	0,122
	4	$\frac{8-48\frac{1}{4}}{71}$	"	"	$\frac{40,2-4,2}{71} = 0,507$	0,127
	5	$\frac{3\frac{1}{2}-30\frac{1}{2}}{46\frac{1}{2}}$	"	"	$\frac{27-4,2}{46,5} = 0,490$	0,1225
	6	$\frac{13\frac{1}{2}-58}{89\frac{1}{2}}$	"	"	$\frac{44,5-4,2}{89,5} = 0,450$	0,1125
	7	$\frac{4-56\frac{1}{2}}{82}$	"	"	$\frac{52,5-4,2}{82} = 0,589$	0,147
	8	$\frac{13\frac{1}{2}-38}{45}$	"	"	$\frac{24,5-4,2}{45} = 0,451$	0,113
	9	$\frac{27-62}{66\frac{1}{2}}$	"	"	$\frac{35-4,2}{66,5} = 0,463$	0,116
	10	$\frac{5-43\frac{1}{2}}{70\frac{1}{2}}$	$2 \times 6\frac{1}{2}$	$16\frac{1}{2}$	$\frac{38,5-5,2}{70,5} = 0,472$	0,118
	11	$\frac{3-35}{64}$	"	"	$\frac{32-5,2}{64} = 0,419$	0,105
	12	$\frac{3-45\frac{1}{2}}{82}$	$2 \times 7\frac{1}{2}$	17	$\frac{42,5-5,6}{82} = 0,450$	0,1125
	13	$\frac{31-67\frac{1}{2}}{71}$	"	"	$\frac{36,5-5,6}{71} = 0,435$	0,109 GM

(nicht zu dünnen!) Stengellängsschnitte wurden vor dem Eintragen in dest. H_2O gelegt. FITTING (1915, S. 13) hat dies für *Rhoeo* empfohlen, damit die leichtest diffusiblen Zellsaftstoffe vor Beginn des eigentlichen Permeabilitätsversuches exosmieren; ich fand zudem, daß meßbare Endplasmolyse in gewässerten Präparaten schneller und schöner als in direkt plasmolysierten eintritt¹⁾. Die Größe der Durchlässigkeit wird durch das Wässern nach FITTING (l. c. S. 45) nicht oder kaum beeinflußt. Eventuelle osmoregulatorische Wert-

14. VI. 1918.

zu 3,8, in Z. 10–14 zu 4,0, in Z. 12–14 zu 3,7 berechnet (vgl. Diese Ber., Bd. 35, S. 711). — In Zelle 14 war $G_1 = 0,480$, $G_2 = 0,577$, bei der dritten Messung war sie tot. Also war eingedrungen: $O_2 - O_1 = (G_2 - G_1) C = 0,097 \times \times 0,25 = 0,024$ GM KNO_3 .

2. Messung 3h 10–25					3. Messung 5h 45–58												
$\frac{l_2}{h}$	2 m	G_2	O_2	$O_2 - O_1$	$\frac{l_3}{h}$	2 m	G_3	O_3	$O_3 - O_2$								
6–42	2 × 5 1/2	0,530	0,1325	0,0105 GM	6–49	2 × 5 1/2	0,647	0,162	0,0295 GM								
60					60												
22 1/2–72					24–76 3/4												
84					84												
10–47					8–51 1/2												
56					56												
7–54					5–63												
71					71												
4–35					2 1/2–40 1/2												
46 1/2					46 1/2												
19 1/2–68					16–79 1/4												
89 1/2					89 1/2												
6–70 1/2	5–75																
82	82																
15–42	14 1/2–45																
45	45																
17–59 1/2	8–60 1/2																
66 1/2	66 1/2																
5–48	2 × 6 1/2	0,536	0,134	0,016 „	0–46	7 × 8	0,601	0,150	0,016 „								
70 1/2					70 1/2												
0–43					0–45 1/2												
64					64												
12–57 1/2					20 1/2–68												
82					82												
15 1/2–61 1/2					11–60 1/2												
71					71												
					$O_2 - O_1$ (Mittel) =									$O_3 - O_2$ (Mittel) =			
					0,0218 GM									0,0257 GM			

abnahme¹⁾ schadet für unsern Zweck gewöhnlich nicht. Die Fläschchen mit den Lösungen standen in diffusem Tageslicht oder dunkel. Einen Einfluß der Belichtung auf die Permeabilität (LEPESCHKIN²⁾, TRÖNDLE³⁾) habe

1) l. c., S. 140, 141.

2) Beihefte z. botan. Zentralblatt, Bd. 24, I. 1909, S. 308 u. a. a. O.

3) Jahrb. f. wiss. Bot., Bd. 48, 1910, S. 171. Vierteljahrsschrift d. Naturforsch. Ges. in Zürich, Bd. 63, 1918, S. 187 u. a. a. O.

Versuch 2.

Erst 15 Stunden gewässert. Am 20. VI. 7h in 0,18 GM KNO_3 , 7h50 weiter in 0,30 GM KNO_3 . Hier 1. Messung 10h 35—50, die weiteren Messungen nach je 1½ Stunden. 12h 05—20, 1h 35—48, 3h 10—20 (5. und 6. Messung sind nicht

C	Zelle	1. Messung 10h 35—50				2. Messung 12h 05—20				
		$\frac{l_1}{h}$	2 m	b	$\frac{l_1 - 2 \lambda m}{h} = G_1$	O_1	$\frac{l_2}{h}$	G_2	O_2	$O_2 - O_1$
0.30 GM KNO_3	1	25—64	2×10	27	39—8	0,1155	21½—64	0,427	0,128	0,0125 GM
		$80\frac{1}{2}$			$\frac{80,5}{80,5} = 0,385$		$80\frac{1}{2}$			
	2	16—52	"	"	36—8	0,1165	15—55	0,444	0,133	0,0165 "
		72			$\frac{72}{72} = 0,389$		72			
	3	20—53½	"	"	33,5—8	0,1265	19—54¼	0,453	0,136	0,0095 "
		$60\frac{1}{2}$			$\frac{60,5}{60,5} = 0,422$		$60\frac{1}{2}$			
	4	10—44½	"	28	34,5—8,2	0,127	$9\frac{1}{2}$ —45¼	0,438	0,1315	0,0045 "
		63			$\frac{63}{63} = 0,424$		63			
	5	17—50	"	"	33—8,2	0,120	$15\frac{1}{4}$ —50	0,429	0,1285	0,0085 "
		62			$\frac{62}{62} = 0,400$		62			
	6	19½—52½	"	"	33—8,2	0,116	19—53¼	0,416	0,125	0,009 "
		64			$\frac{64}{64} = 0,386$		64			
	7	16—49½	"	"	33,5—8,2	0,1205	15—49¾	0,422	0,1265	0,006 "
	63	$\frac{63}{63} = 0,402$			63					
8	14½—45	"	"	30,5—8,2	0,131	14—45¼	0,451	0,1355	0,0045 "	
	51			$\frac{51}{51} = 0,437$		51				
9	0—29	"	"	29—7,2	0,128	0—30	0,447	0,134	0,006 "	
	51			$\frac{51}{51} = 0,427$		51				
10	21—61	2×10	26	40—8	0,113	23—67¼	0,426	0,128	0,015 "	
	85			$\frac{85}{85} = 0,377$		85				
11	11—48	2×9	23	37—7,2	0,1225	$11\frac{1}{2}$ —49	0,415	0,1245	0,002 "	
	73			$\frac{73}{73} = 0,408$		73				
12	22½—65	"	"	42,5—7,2	0,1175	21—64¼	0,400	0,120	0,0025 "	
	90			$\frac{90}{90} = 0,392$		90				
13	14—52	"	"	38—7,2	0,1185	22—62	0,421	0,1265	0,008 "	
	$78\frac{1}{2}$			$\frac{78,5}{78,5} = 0,395$		$78\frac{1}{2}$				

$O_2 - O_1$ (Mittel) =
0,0080 GM

auch ich an meinem Objekt, wie FITTING an *Rhoeo*, bisher nicht wahrgenommen.

Ich wählte 10—15 benachbarte Zellen der inneren, d. h. von den Schnittflächen entfernten Zellagen, wom. in einer oder in zwei benachbarten Längsreihen. Sie wurden bei jeder Messung in gleicher Reihenfolge untersucht; dadurch wurden, obwohl jede Ablesung ca. 15 Minuten dauert, die Zeitintervalle für die einzelnen Zellen annähernd gleich.

Sorgfältigst sind die Formen abnormaler Plasmolyse zu beachten. Dieselben treten oft zahlreicher als in den zur Mitteilung gewählten Versuchen

20. VI. 1918.

mitgeteilt). Die Zellen grenzten nicht ans Stranggewebe, sondern lagen drei Reihen weiter nach innen. λ ist in Z. 1—3 und 10—13 zu 0,4, in Z. 4—9 zu 0,41 angenommen. — Die Permeabilität war hier geringer.

3. Messung 1h 35—48				4. Messung 3h 10—20				O ₄ —O ₁
$\frac{I_3}{h}$	G ₃	O ₃	O ₃ —O ₂	$\frac{I_4}{h}$	G ₄	O ₄	O ₄ —O ₃	
22—68	0,477	0,143	0,015 GM	Ton.				
$80\frac{1}{2}$ 16—56				16—57 $\frac{1}{2}$				
72	0,444	0,133	—	72	0,466	0,140	0,007 GM	0,0235 GM
$16\frac{1}{2}$ —52	0,458	0,1375	0,0015 „	$16-52\frac{1}{2}$	0,471	0,141	0,0035 „	0,0145 „
$60\frac{1}{2}$ $9\frac{1}{4}$ —46				$60\frac{1}{2}$ 5—43 $\frac{1}{4}$				
63	0,454	0,136	0,0045 „	63	0,476	0,143	0,007 „	0,016 „
$13\frac{1}{2}$ —48 $\frac{1}{2}$	0,432	0,1295	0,001 „	7—46	0,503	0,151	0,0215 „	0,031 „
62				62				
21—56	0,419	0,1255	0,0005 „	24—61	0,437	0,131	0,0055 „	0,015 „
64				64				
16—51	0,426	0,128	0,0015 „	$14\frac{1}{2}$ —50	0,433	0,130	0,002 „	0,0095 „
63				63				
$12\frac{1}{2}$ —44	0,457	0,137	0,0015 „	$3\frac{1}{2}$ —36	0,477	0,143	0,006 „	0,012 „
51				51				
0—31	0,467	0,140	0,006 „	0—32 $\frac{1}{2}$	0,486	0,146	0,006 „	0,018 „
51				51				
$89\frac{1}{2}$ —83 $\frac{1}{2}$	0,423	0,127	[?—0,001]	tot				
85				18—56				
13—50 $\frac{1}{2}$	0,415	0,1245	—	73	0,422	0,1265	0,002 „	0,004 „
73				73				
21—65	0,409	0,1225	0,0025 „	19—67	0,453	0,136	0,0135 „	0,0185 „
90				90				
24—64	0,421	0,1265	—					
$78\frac{1}{2}$								
O ₃ —O ₂ (Mittel) = 0,0026 GM				O ₄ —O ₃ (Mittel) = 0,0074 GM				O ₄ —O ₁ (Mittel) = 0,016 GM

auf. Für Rohrzucker habe ich die wichtigsten Formen beschrieben¹⁾. Manche von ihnen kommen ähnlich in KNO₃ vor („Scheinplasmolyse“, „Kerbplasmolyse“ . . .), auf andere, die hier spezifisch sind, kann ich jetzt nicht eingehen. Am häufigsten sind die seit DE VRIES bekannten Formen, wo Plasmahaut, Körnerplasma, Chromatophoren und Kern tot sind und der allein mehr lebenden, prall gerundeten Vakuolenwand äußerlich ansitzen; ich nenne sie mit dem DE VRIESschen Ausdruck „Tonoplastenstadium“ (= Ton.).

1) Denkschr., l. c., S. 154 f.

18 Stunden in H₂O. 8h 15 Vorm. in 0,20 GM KNO₃, 1. Messung 10h 15—35. 2. Messung 12h 20—40. 3. Messung 2h 40—55.
 (4. Messung 4h 55—5h 15.) — λ ist in Zelle 1—6 gleich 0,4, in Z. 7—11 gleich 0,42.

C	Zelle	1. Messung					2. Messung				3. Messung				
		$\frac{1}{h}$	2 m	b	G ₁	O ₁	$\frac{1}{h}$	G ₂	O ₂	O ₂ —O ₁	$\frac{1}{h}$	G ₃	O ₃	O ₃ —O ₂	
0,20 GM KNO ₃	1	6—54 68 $\frac{1}{2}$ 8—58	2X7	18	0,619	0,124	6—62 $\frac{1}{3}$ 68 $\frac{1}{2}$ 2—60 $\frac{1}{2}$	0,726	0,146	0,021 GM	tot 1—64 80	0,717	0,148	0,011 GM	
	2	80 9 $\frac{2}{3}$ —48	"	"	0,555	0,111	80 10 $\frac{1}{2}$ —53 $\frac{1}{2}$	0,661	0,132	0,021 "	80 10—60	0,740	0,148	0,023 "	
	3	60 15—64	"	"	0,545	0,109	60 16 $\frac{3}{4}$ —68	0,623	0,125	0,016 "	60 12—73	0,740	0,148	0,023 "	
	4	80 15—60 $\frac{1}{2}$	"	"	0,543	0,109	80 15—62 $\frac{1}{4}$	0,571	0,114	0,005 "	80 11 $\frac{1}{2}$ —67 $\frac{3}{4}$	0,692	0,138	0,024 "	
	5	73 $\frac{1}{2}$ 15—68 $\frac{2}{3}$	"	"	0,543	0,109	73 $\frac{1}{2}$ 12—72	0,566	0,113	0,004 "	73 $\frac{1}{2}$ 4—75	0,688	0,138	0,025 "	
	6	81	"	"	0,594	0,119	81	0,672	0,134	0,015 "	81	0,807	0,161	0,027 "	
	7	24—77 $\frac{1}{2}$ 88	2X5	16	0,560	0,112	23 $\frac{1}{2}$ —79 $\frac{1}{2}$ 88	0,589	0,118	0,006 "	14—82 88	0,725	0,141	0,028 "	
	8	15—65 85	"	"	0,539	0,108	10—71 $\frac{1}{2}$ 85	0,674	0,135	0,027 "	tot	tot	tot	tot	
	9	16—69 84 $\frac{1}{2}$	"	"	0,578	0,116	11 $\frac{1}{2}$ —75 84 $\frac{1}{2}$	0,702	0,140	0,024 "	tot	tot	tot	tot	
	10	15 $\frac{1}{2}$ —62 73 $\frac{1}{2}$	"	"	0,575	0,115	11 $\frac{1}{2}$ —63 73 $\frac{1}{2}$	0,648	0,129	0,014 "	Ton	3—69 $\frac{3}{4}$	0,791	0,158	0,022 "
	11	11—59 $\frac{1}{2}$ 79	"	"	0,561	0,112	7—65 79	0,681	0,136	0,024 "	79	0,791	0,158	0,022 "	

O₂—O₁ (Mittel) = 0,0162 GM

O₃—O₂ (Mittel) = 0,0222 GM

Die Abb. soll die Tabellen erläutern und die Art, wie man den Grad der Plasmolyse bestimmt, in Erinnerung rufen. Man mißt vier Größen: l , h , $2m$, b . — λ ist der Meniskusfaktor (zwischen $\frac{1}{3}$ und $\frac{1}{2}$, oft um 0,4), C — die konstante Außenkonzentration, G — die Grade der Plasmolyse, O ($= C \times G$) — die osmotischen Werte der Einzelzellen zur Zeit jeder Messung, $O_2 - O_1$ — die von der 1. bis zur 2. eingedrungenen Lösungsmengen (in GM KNO_3).

Versuch 4.

30. V. 1916.

10 Minuten in H_2O . In $0,25$ GM KNO_3 eingetragen um $1^h 10$; hier zum erstenmal besehen $2^h 45 - 3^h$: Plasmolyse meist noch konkav und imperfekt, nur in Zelle 2—4 approximativ meßbar: $G = 0,62, 0,57, 0,525$. Bei den weiteren Ablesungen (1. Messung $4^h 15 - 35$, 2. Messung $6^h 15 - 35$) zeigte die Endplasmolyse folgenden Grad:

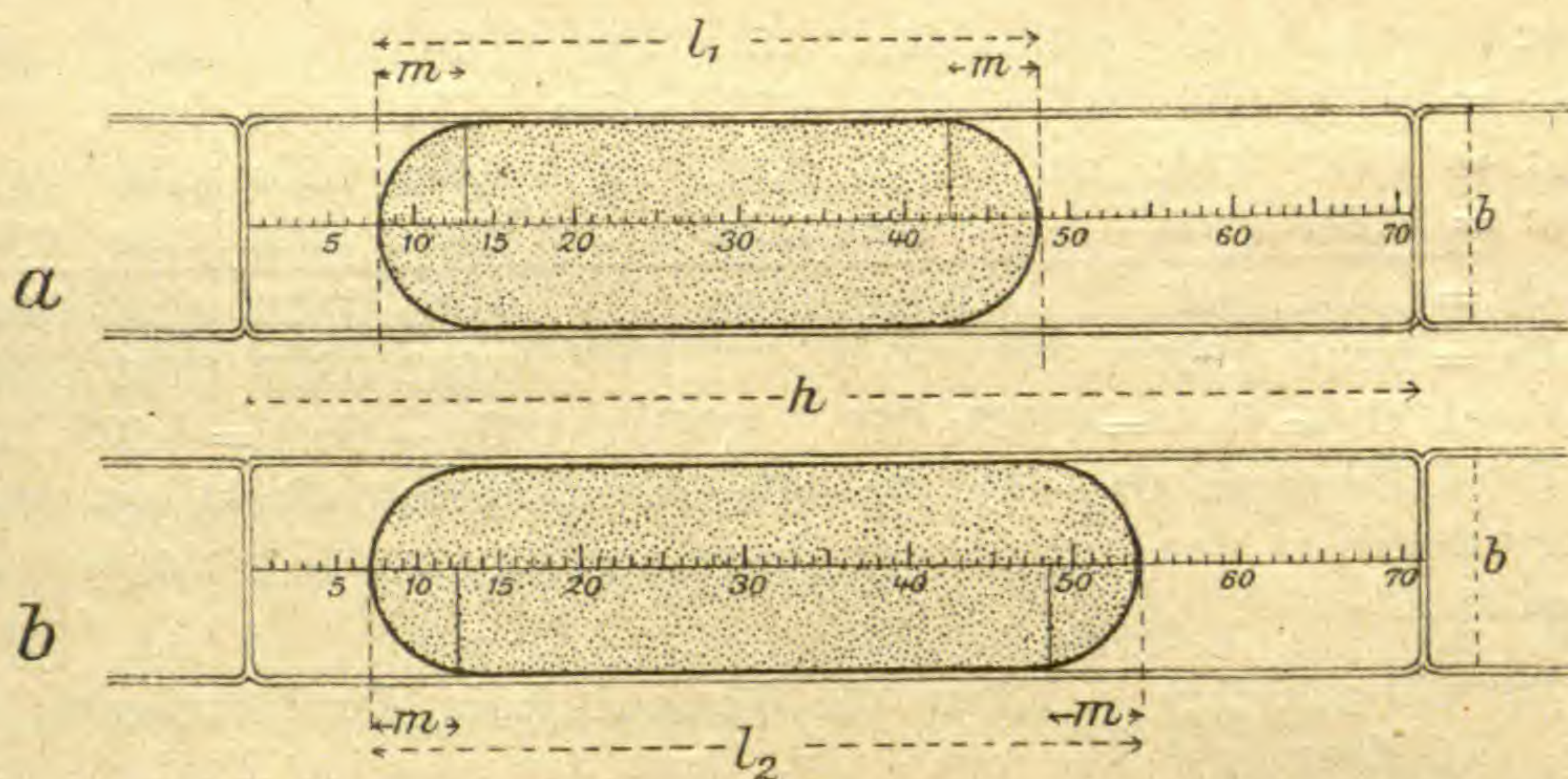


Abb. 1. Zelle 4 aus Versuch 1, in $0,25$ GM KNO_3 plasmolysiert, schematisch. a) bei der 1. Messung ($G = 0,507$), b) $2\frac{1}{2}$ Stunden später bei der 2. Messung ($G = 0,603$); h = Länge der Zelle, l = Länge des Protoplasten, m = Höhe der Menischi, b = innere Zellbreite. — Es sind $(G_2 - G_1) \cdot C = (0,603 - 0,507) \times 0,25 = 0,024$ GM KNO_3 eingedrungen.

Zelle:	1	2	3	4	5	6	7	8	9
G_1 :	0,652	0,645	0,592	0,570	0,553	0,567	0,553	0,574	0,552
G_2 :	0,714	0,697	0,649	0,630	0,615	0,616	0,592	0,610	0,620
$O_2 - O_1$:	0,0155	0,013	0,014	0,015	0,0155	0,012	0,010	0,009	0,017

Fortsetzung		Zelle:	10	11	12	13
		G_1 :	0,561	0,576	0,558	0,578
		G_2 :	0,590	0,601	0,594	0,648
		$O_2 - O_1$:	0,007	0,006	0,009	0,0175

Mittlere Stoffaufnahme $O_2 - O_1 = 0,0124$ GM KNO_3 in 2 Stunden.

Versuch 5.

8. VI. 1916.

$1\frac{1}{4}$ Stunden gewässert. In $0,25$ GM KNO_3 eingelegt $9^h 45$ vorm., 1. Messung $11^h 35 - 50$, 2. Messung $1^h 10 - 20$, 3. Messung $2^h 40 - 50$ (dann noch 3mal abgelesen). — 10 Zellen einer Reihe, die ans Gefäßbündel grenzt, $17'$ breit

1) Jahrb. f. wiss. Bot., Bd. 16, 1885, S. 465.

2) Diese Ber., Bd. 35, 1918, S. 715.

Zelle:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
G_1 :	0,581	0,574		0,551	0,552	0,521		0,520	0,558	0,574
G_2 :	0,636	0,615	0,626	0,600	0,594	0,53	0,577	0,590	0,589	0,623
G_3 :	0,719	0,695	0,669	0,664	0,661	0,534	0,597	0,620	0,616	0,674
$O_2 - O_1$:	0,014	0,010		0,012	0,013	0,002		0,0175	0,008	0,012
$O_3 - O_2$:	0,021	0,020	0,0105	0,016	0,0165	0,001	0,005	0,0075	0,007	0,0125 GM
Mittel ($O_2 - O_1$):	0,0108 GM.					Mittel ($O_3 - O_2$): 0,0117 GM.				

Versuch 6.

20. XII. 1916.

16 Stunden in H_2O . 10^h vorm. in 0,25 GM KNO_3 ; 1. Messung 12^h 12—25, 2. Messung 2^h 55—3^h 10; 3. Messung 4^h 25—40. $T = 18^\circ C$. Plasmolyse schon bei der 2. Messung in Zelle 3 u. 6 zurück (pathologisch erhöhte Permeabilität?), bei der 3. Messung auch in Zelle 4 u. 5 zurück, in Z. 7 Grenzplasmolyse, nur nähernd meßbar.

Zelle:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
G_1 :	0,699	0,725	0,712	0,726	0,722	0,719	0,724	0,677	0,697	0,693
G_2 :	0,797	0,832	zur.	0,840	0,814	zur.	0,854	0,756	0,795	0,733
G_3 :	0,824	0,939		zurück			0,98?	0,905	0,826	0,893
$O_2 - O_1$:	0,0245	0,027		0,0285	0,023		0,030	0,020	0,0245	0,010
$O_3 - O_2$:	0,007	0,027					0,03?	0,037	0,008	0,040
Mittel ($O_2 - O_1$):	0,0234 GM.					[Mittel ($O_3 - O_2$): 0,0255 GM].				

Die Differenzen $O_2 - O_1$, $O_3 - O_2$ geben überall direkt an, was für Lösungsmengen in den betreffenden Zeitintervallen in die Protoplaste eingedrungen sind. —

Ich will zunächst in Kürze die Genauigkeit der Einzelwerte diskutieren. Der Messungsfehler von l ist, dank der scharfen Konturierung der Protoplaste, nicht größer als $\pm \frac{1}{4}$ Teilstrich. Das gibt einen Fehler für $G = \pm \frac{1}{4} : h$ (z. B. $= \frac{1}{4} : 61 = 0,004$), für $O (= C \cdot G)$ einen Fehler z. B. $= \pm 0,004 \times 0,25 = 0,001$ GM. Der Fehler des Resultates ($O_2 - O_1$) wird ungünstigenfalls $\pm 0,002$ GM. Ungenauigkeiten für m kommen nicht in Betracht, soweit die Meniskusform die gleiche bleibt, Fehler für h (und Abweichungen des Zellumens von der geometrischen Form) beeinflussen die absoluten Werte O , doch gewöhnlich nicht die Differenzen $O_2 - O_1$). — So genau läßt sich also

1) Neben den Fehlern der mikroskopischen Messung kommen noch in Betracht:

- Die „Protoplasmakorrektur“ (Denkschr., I. c., S. 113, 118. Diese Ber. I. c., S. 720). Sie ist auch bei Permeabilitätsversuchen zu berücksichtigen, darf aber für die *Tradescantiazellen* vernachlässigt werden.
- Der Fehler beim Herstellen der Lösungen. Er wird minimal, wenn man die Gebrauchslösungen (0,25 GM, 0,30 GM KNO_3) direkt, nicht durch Verdünnung einer n -Lösung bereitet; er hätte ferner nur für die Werte O , nicht für die Differenzen $O_2 - O_1$ allenfalls merkliche Größe.
- Der „physikalische Fehler“ (wie ich sagen möchte) des absoluten O -Wertes bei plasmometrischer Wertung mit Elektrolytsalzen. Er ist bes. veranlaßt durch verschiedenen Ionisationsgrad der Salzkonzentrationen C und O . Für die Differentialwerte $O_2 - O_1$ wird er klein. Er soll hier vernachlässigt und erst bei späterer Gelegenheit ausführlich diskutiert werden.

nach der plasmometrischen Methode ohne weiters arbeiten, daß eine Aufnahme von 0,001—0,002 GM KNO_3 in die Einzelzelle mit Sicherheit festzustellen ist. Eine Längenausdehnung von $\frac{1}{2}$ ' entspricht bei Plasmolyse in 0,25 GM in mittellangen Zellen bei meiner Vergrößerung¹⁾ einem Wertanstieg von 0,002 GM KNO_3 ; für längere Zellen wird der Einfluß der Fehler kleiner.

Das Höchstmaß der Genauigkeit ist damit natürlich noch lange nicht erreicht. Es wird sich schon durch äußere Verbesserungen (Wahl der Vergrößerung, Mikrometerteilung, Ablesungsintervalle . . .), je nach Bedarf, bedeutend steigern lassen.

Wir betrachten die absolute Größe der Permeabilität u. zw. vorerst die Mittelwerte aller gemessenen Zellen jedes Versuches.

In Versuch 1 sind von der ersten bis zur 2. Messung, in etwa $2\frac{1}{2}$ Stunden, 0,0218 GM KNO_3 in die Protoplaste eingedrungen, von der 2. zur 3. Messung, in weiteren $2\frac{1}{2}$ Stunden, 0,0257 GM; die Außenkonzentration betrug 0,25 GM. Im Versuch 3 sind aus 0,20 GM in 2 Stunden 0,0162 GM, dann in 2 St. 20 Min. 0,0222 GM aufgenommen worden. Im Versuch 2 sind aus 0,30 GM in aufeinanderfolgenden Abschnitten von je $1\frac{1}{2}$ Stunden je 0,0080, 0,0026, 0,0074 GM KNO_3 eingetreten.

Um die Resultate übersichtlicher zu machen, wollen wir die Permeabilitätswerte auf die Zeiteinheit beziehen und die im Durchschnitt per Stunde aufgenommene Lösungsmenge M nennen²⁾.

Es ist in Versuch 1 $M_{1-2} = 0,0085$ GM, $M_{2-3} = 0,0099$ GM. In Versuch 3 ist $M_{1-2} = 0,0077$, $M_{2-3} = 0,0094$ GM. In Versuch 2 war die Durchlässigkeit geringer, $M_{1-2} = 0,0053$, $M_{2-3} = 0,0017$, $M_{3-4} = 0,0049$ GM. — In Versuch 4 sind aus 0,25 GM KNO_3 in zwei Stunden 0,0124 GM eingedrungen, $M = 0,0062$ GM. In Versuch 5 wurden 0,0108 und 0,0117 GM in Intervallen von je $1\frac{1}{2}$ Stunden aufgenommen, $M_{1-2} = 0,0072$, $M_{2-3} = 0,0078$ GM. Im Versuch 6, der im Dezember stattfand, ist die Durchlässigkeit auffallenderweise relativ hoch, $M_{1-2} = 0,0134$ GM KNO_3 . — Einige M-Werte sind in der Tabelle, S. 435, zusammengestellt.

Wenn man diese Zahlen ansieht, so wird man die KNO_3 -Permeabilität zunächst recht gering finden. Sie hätte auch in der Tat mit den älteren Methoden, wie mit derjenigen der vergleichenden isotonischen Koeffizienten, wohl nicht nachgewiesen werden können.

1) Zeiß, Obj. D, Ok. 4, ein Teilstrich = 8,9 μ .

2) Damit soll natürlich nicht gesagt sein, daß die Stoffaufnahme während der Intervalle eine auch nur annähernd gleichmäßige gewesen sei!

Mit FITTINGS Werten für *Rhoeo*¹⁾ jedoch, den einzigen gleich sicher gemessenen, die füglich zum Vergleich herangezogen werden können, stimmen meine Werte in der Größenordnung ganz vorzüglich überein!²⁾

Dort drangen während der 2. Viertelstunde, d. i. 15—30 Min. nach dem Eintragen der Schnitte in die Lösungen, in die permeabelsten Präparate etwa 0,0025 GM Salz ein, „in den darauffolgenden 30 Minuten 0,0025—0,0005 GM, in der ersten Stunde nach Versuchsbeginn mindestens etwa 0,0075—0,01 GM.“ Allerdings begann dann schon von der ersten Stunde an die Salzaufnahme abzunehmen³⁾; schon nach einigen (3—5) Stunden war sie viel geringer, höchstens ca. 0,0025 GM pro Stunde, und nach 12—20 Stunden hatte sie so gut wie ganz aufgehört.

Meine Resultate sind also mit denen FITTINGS nicht unmittelbar zu vergleichen. Die direkten Messungen konnten ja bei mir erst vom Eintritt der Endplasmolyse, d. i. etwa von der 3. Stunde der KNO_3 -Plasmolyse an beginnen. Also zu einer Zeit, wo bei *Rhoeo* die anfängliche Durchlässigkeit infolge der permeabilitätshemmenden Wirkung des Salzes schon sehr herabgemindert ist. Die von FITTING festgestellte Abnahme der Permeabilität habe ich auch bei meinem Objekt in interessanter Modifikation wiedergefunden, darüber soll demnächst berichtet werden. Aber der hemmende Einfluß des Salzes scheint sich hier in der Regel erst viel

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

2) HEUSSER (Vierteljahrsschr. d. Naturforsch. Ges. in Zürich, Bd. 62, 1917, S. 565) hat jüngst die Permeabilität gesunder und von *Exoascus* befallener Pfirsichblätter in stark hypertonischen Lösungen untersucht und z. B. gefunden, daß die Zellen der gesunden Blätter (O um 0,6 GM KNO_3) aus 2,0 GM KNO_3 (gewichtsnormale!) pro Stunde etwa 0,05—0,1 GM aufnehmen; die Bestimmung geschah durch nachträgliche Deplasmolyse und Ermittlung der plasmol. Grenze in einer um 0,025 GM abgestuften Konzentrationsreihe. — Die Werte sind in Anbetracht des Konzentrationsgefälles mit FITTINGS und mit meinen Zahlen gut vergleichbar.

TRÖNDLE (Ebd., Bd. 63, 1918, S. 187) fand grenzplasmolytisch Permeabilitätswerte von z. T. ganz anderer, weit höherer Größenordnung. Es waren z. B. in die Blattpalisadenzellen von *Acer platanooides* (S. 197) in 38 Minuten durchschnittlich im Lichte 0,37 GM, im Dunkeln 0,10 GM NaCl eingedrungen. TRÖNDLE gibt in dankenswerter Weise eine Formel an (S. 208), nach der auch die zahlreichen älteren, nach der Methode der Permeabilitätskoeffizienten gewonnenen Werte ins direkte Maß übertragen werden können. — Die Befunde wären von besonderem Interesse, wenn sich ganz eindeutig zeigen ließe, daß der rapide Rückgang der Plasmolyse in NaCl wirklich in intakten Zellen, nicht etwa schon infolge pathologischer Permeabilitätserhöhung, erfolgt ist.

3) l. c., S. 22 f., 26, 60.

später geltend zu machen und die mitgeteilten Permeabilitätsgrößen dürften demnach, wie übrigens später noch näher zu begründen sein wird, doch noch die typischen gewesen sein.

Ferner ist für den Vergleich nicht zu übersehen, daß FITTING mit Lösungen, die der plasmolytischen Grenze naheliegen, gearbeitet hat, während ich die Durchlässigkeit in stärker hypertotonischen Lösungen untersuchte. Nach einem bekannten physikalischen Gesetz sind aber die durch eine Membran diffundierenden Stoffmengen sehr annähernd dem Konzentrationsabfall des Stoffes proportional (d. h., die Durchlässigkeit, auf die Einheit des Konzentrationsabfalles bezogen, ist fast konstant). Wenn meine Werte z. T. etwas höher als die FITTINGSchen liegen, so konnte dies ebensowohl damit wie mit Eigenschaften meines Versuchsobjektes zusammenhängen. — Freilich, wie weit jenes Gesetz für die lebende Plasmamembran und gar für den Durchtritt von Salzen gilt, darüber wissen wir heute noch so gut wie nichts. Die plasmometrische Methode wird nunmehr ganz unmittelbar erlauben, die Permeabilität in verschieden stark hypertotonischen Außenlösungen zu studieren. Solche vergleichende Messungen, für verschiedene Substanzen, müssen wohl auch eines der nächsten Arbeitsziele sein. —

Daß es sich in meinen Versuchen um wirkliches Eindringen von KNO_3 , nicht etwa um eine regulatorische Werterhöhung infolge Neubildung osmotischer wirksamer Stoffe im Zellsaft handelt, könnte ich leicht in üblicher Art durch Parallelversuche in Rohrzucker zeigen. Ich habe solche in großer Zahl angestellt und a. a. O. schon darüber berichtet¹⁾.

Eine bemerkenswerte, vordem nicht bekannte Tatsache ist es, daß die endgiltig plasmolysierten Protoplaste sich innerhalb des Zellumens oft von einer Messung zur nächsten verschieben. In Zelle 8, Versuch 2, lag z. B. der Protoplast bei der zweiten Messung zwischen Teilstrich 14—45¹/₄, bei der vierten zwischen 3¹/₂—36, er ist um 9' gewandert. Ich war über diese Erscheinung, als ich sie bei „Konstanzversuchen“ in Rohrzucker zuerst beobachtete, überrascht. Seither habe ich sie hundertfältig kennen gelernt. Die theoretische Bedeutung liegt m. M. in folgendem: Es zeigt sich, daß die Adhäsion des Plasmas an der Zellwand im endplasmolysierten Zustande hier minimal geworden sein muß, während sie bekanntlich bei eintretender Plasmolyse meist

1) Denkschr. I. c., S. 145.

recht stark ist¹⁾. Das treibende Moment bei der Verschiebung müssen wohl die Oberflächenkräfte der runden Menisci sein. Ich kann nicht anders denken, als daß es subtile Unterschiede in der Zellbreite sind, die die Protoplaste veranlassen, sich von schmäleren nach breiteren Stellen hin zu bewegen²⁾, wie das aus Gründen der Kapillarspannung begreiflich wird. —

Dasjenige Ergebnis aber, das am allermeisten Beachtung verdienen dürfte, zeigt sich, wenn man in den Tabellen nicht nur die Mittelwerte, sondern die Einzelwerte für $O_2 - O_1$ ins Auge faßt. Es ist die außerordentlich große Ungleichmäßigkeit in der Permeabilität der Einzelzellen.

Betrachten wir z. B. den Versuch 1. Im Mittel waren bei der 2. Messung 0,022 GM KNO_3 eingedrungen. Die Extremwerte sind in Zelle 12 0,009 GM, in Zelle 11 0,043 GM. Die Spannweite ist sehr groß³⁾. In V. 2 ist das Mittel $O_2 - O_1 = 0,008$ GM, die Extreme sind 0,016 und 0,002 GM. Bei den nächsten Messungen sinken die Mindestwerte nahe an Null. Ähnliche Schwankungen zeigen die übrigen Versuche.

Der Befund ist natürlich neu, Permeabilitätsmessungen an Einzelzellen liegen ja bisher nicht vor⁴⁾.

Es wird sich lohnen, die überraschende Unstetigkeit der Durchlässigkeitswerte zahlenmäßig auszudrücken. Ich berechne zu diesem Zwecke für die mitgeteilten und ein paar andere Versuche die durchschnittliche Abweichung der Einzelwerte vom Mittelwert (in 1. Potenz) und deren mittlere (quadratische) Abweichung.

In der folgenden Tabelle (S. 435) ist C die Konzentration der plasmolysierenden KNO_3 -Lösung, n die Zahl der untersuchten Zellen, Pl die Dauer der Plasmolyse vor der ersten Messung, t die Zeit zwischen den Ablesungen (d. i. die Zeit, für welche die Permeabilität beobachtet wurde), in Stunden, und M der Mittelwert der während dieser Zeit durchschnittlich pro Stunde aufgenommenen Lösungsmengen. Die durchschnittl. Abweichung ist $\frac{\delta_1 + \dots + \delta_n}{n}$ (wo δ die

1) HECHT, COHNS Beitr. z. Biol. d. Pflanzen, Bd. 11, 1911, S. 137. HÖFLER, Denkschr., l. c., S. 109, 137, 148.

2) Für unseren Zweck kann so eine Fehlerquelle entstehen, wodurch die Permeabilität zu klein erscheinen kann; Protoplaste, die sich verschoben haben, könnten z. B. trotz Volumzunahme gleichlang, bei konstantem Volum verkürzt erscheinen, vgl. z. B. Zelle 10, Versuch 2, 3. Messung.

3) Der Protoplast 12 hatte sich allerdings verschoben!

4) Nur einige Versuche LEPESCHKINS mit Glycerin und Spirogyra (diese Ber., Bd 27, 1909, S. 138 f) ließen sich durch Umrechnung vergleichbar machen.

Versuch	C	H ₂ O	PI	Permeabilitätsversuche mit KNO ₃	n	t	M	Durchschnittl. Abweichung	Mittlere Abweichung
1	0,25	17	2½	14. VI. 1918, 1.—2. Messung	14	2St. 35'	0,0085 GM	± 39,8 %	± 50,9 %
2	0,30	15	3½	" , 2.—3. "	13	2St. 35'	0,0099 "	± 48,8 %	± 54,8 %
3	0,20	18	2	20. VI. 1918, 1.—2. Messung ¹⁾	13	1St. 30'	0,0053 "	± 43,7 %	± 58,1 % ¹⁾
4	0,25	1/6	3	" , 1.—4. "	10	4St. 30'	0,0036 "	± 34,2 %	± 44,3 %
5	0,25	1¼	2	6. VI. 1916, 1.—2. Messung	11	2St. 5'	0,0077 "	± 41,3 %	± 47,9 %
6	0,25	16	2¼	" , 2.—3. "	7	2St. 20'	0,0094 "	± 14,4 %	± 21,4 %
7	0,25	13	2⅓	30. V. 1916, 1.—2. Messung	13	2St.	0,0062 "	± 26,1 %	± 29,6 %
8	0,25	13	4¾	8. VI. 1916, 1.—2. Messung	8	1St. 30'	0,0072 "	± 28,9 %	± 38,7 %
9	0,30	15½	2¾	" , 2.—3. "	10	1St. 30'	0,0078 "	± 47,0 %	± 54,0 %
10	0,30	15	3	20. XII. 1916, 1.—2. Messung ²⁾	8	1St. 45'	0,0134 "	± 18,4 %	± 25,0 %
11	0,25	15½	2¼	6. VI. 1916, 1.—2. Messung	8	2St. 5'	0,0055 "	[± 73,9 %]	[± 84,9 %] ³⁾
	GM			6. VI. 1916, 1.—3. Messung	10	4St. 15'	0,0075 "	± 21,5 %	± 26,1 %
	KNO ₃			22. XII. 1916, 1.—2. Messung	10	1St. 45'	0,020 "	± 33,9 %	± 37,3 %
				13. VI. 1918, 1.—3. Messung	9	2St. 5'	0,010 "	± 36,0 %	± 43,7 %
				18. VI. 1918, 1.—2. Messung	17	1St.	0,0044 "	± 29,4 %	± 39,4 %
				" , 2.—3. "	17	1St.	0,0048 "	± 34,1 %	± 39,4 %
				" , 1.—3. "	17	2St.	0,0046 "	± 22,1 %	± 27,7 %

1) Für die Einzelintervalle wird bei kleiner Permeabilität der Einfluß der Messungsfehler groß.

2) Mit Ausschließung der zwei deplasmolysierten Zellen.

3) Hier sind zwei Zellen mit pathologisch erhöhter Permeabilität in die Berechnung einbezogen!

absoluten Zahlenwerte der Abweichungen der Einzelzellen vom Mittel sind), die mittlere Abweichung ist als $\sqrt{\frac{\delta_1^2 + \dots + \delta_n^2}{n}}$ berechnet.

Die mittlere quadratische Abweichung beträgt um 25–50 pCt. und noch mehr. Die Messungsfehler können nur einen kleinen Teil davon verschulden¹⁾.

Ich betone, daß es sich um benachbarte Zellen einer oder zweier Längsreihen handelt, die sonst (bis auf ungleiche Länge) sehr gleichartig sind. Ihr wahrer osmotischer Wert z. B. pflegt bis auf 0,015–0,02 GM Rohrz. übereinzustimmen²⁾. Ich berechne zum Vergleich die durchschnittlichen und die mittleren Abweichungen der absoluten osmotischen Werte vom Mittelwert 0 in einigen Rohrzuckerversuchen³⁾ mit dem gleichen Material (vgl. die Tabelle auf S. 437).

Die mittlere Abweichung der osmotischen Werte benachbarter Grundgewebszellen aus dem *Tradescantia*-Stengel ist also nur um 2–3 pCt⁴⁾.

Und die Salzaufnahme der so gleichartigen Protoplaste, die ja doch auch unter ganz gleichmäßigen äußeren Bedingungen stehen, ist dabei von so großer Verschiedenheit! Ich sehe hierin das wichtigste Ergebnis, das die plasmometrische Untersuchungsweise bei ihrer ersten Anwendung auf Permeabilitätsfragen gezeitigt hat. Wir können auf die theoretische Tragweite der Tatsache hier nicht eingehen.

Wichtige Fragen tauchen auf. Werden sich solch große Unterschiede in der Durchlässigkeit auch bei anderen pflanzlichen Zellen wiederfinden? Sind sie speziell für die Salzaufnahme charakteristisch? Sind sie nicht vielleicht nur ein Ausdruck der vorangegangenen Wirkung des Salzes auf die Plasmahäute, etwa derart, daß die Permeabilität anfangs überall ähnlich war, nun aber in manchen Zellen erniedrigt (FITTING 1915), in manchen

1) Ich fand diese Unstetigkeit meistens, doch nicht ausnahmslos. So sah ich einmal die Protoplaste in 0,20 GM KNO_3 8 Stunden lang, bei stündlicher Ablesung, bis zum Rückgang der Plasmolyse sich recht gleichmäßig ausdehnen und dabei ca. 0,01 GM Salz pro Stunde aufnehmen.

2) Die größeren Unterschiede der O-Werte bei meinen ersten Messungen in Kalisalpeter beruhen also offenbar auch schon auf vorangegangener ungleicher KNO_3 -Aufnahme!

3) Ich wähle womöglich Versuche, die schon publiziert sind.

4) Oder noch kleiner; die absoluten Messungsfehler sind hier, wegen der in Betracht kommenden Abweichungen der Zellumina von der geometrischen Form, größer als bei der Permeabilitätsmessung (vgl. Denkschr., I. c., S. 130). — Der prozentuelle Fehler ist natürlich trotzdem dort größer.

Versuch	C	Datum	Rohrzuckerexperimente	n	O	Durchschnittl. Abweichung	Mittlere Abweichung
1	0,40 GM	1. II. 1916	= „Versuch 8“, Denkschr., I. c., S. 185	9	0,238 GM	± 1,76 %	± 2,03 %
2	0,35 „	17. II. „		9	0,235 „	± 1,47 %	± 1,88 %
3	0,35 „	17. II. „		9	0,249 „	± 1,98 %	± 3,14 %
4	0,40 „	23. III. „	= „Versuch 7“, Denkschr., S. 132	8	0,238 „	± 1,45 %	± 1,71 %
5	0,30 „	19. V. „	Diese Ber., Bd. 35, S. 716	11	0,175 „	± 2,81 %	± 3,25 %
6	0,30 „	26. VI. „	= „Versuch 15“, Denkschr., S. 146	10	0,172 „	± 1,84 %	± 2,27 %
7	0,30 „	26. VI. „	= „Versuch 16“, ebd., S. 146	8	0,168 „	± 2,30 %	± 2,62 %
8	0,30 „	4. VII. „	= „Versuch 13“, ebd., S. 142	15	0,142 „	± 2,79 %	± 3,44 %
9	0,30 „	5. VII. „	= „Versuch 14“, ebd., S. 144	11	0,117 „	± 2,84 %	± 3,53 %
10	0,30 „	19. X. 1917	Diese Ber., I. c., S. 719, Versuch 5	9	0,219 „	± 1,12 %	± 2,05 %
11	0,35 „	19. X. „	ebd., Versuch 6	10 ¹⁾	0,192 „	± 1,79 %	± 2,31 %
12	0,30 „	7. XII. „	ebd., Versuch 7	10	0,223 „	± 1,89 %	± 2,75 %
13	0,30 „	7. XII. „	ebd., Versuch 8	11 ²⁾	0,217 „	± 2,10 %	± 2,50 %
14	0,40 „	12. XII. „		11	0,236 „	± 2,85 %	± 3,30 %
15	0,30 „ Rohrz.	18. VI. 1918		18	0,180 „ Rohrzucker	± 1,85 %	± 2,62 %
							Mittlere Abweichung (Mittel) = ± 2,69 %

1) Zelle 11 u. 12 (I. c.) gehörten einer anderen Längsreihe an.

2) Diese Ber., I. c., S. 719, Zeile 5 von unten: lies 11 Zellen statt 18 Zellen.

gleichgeblieben, in manchen etwa schon pathologisch erhöht ist¹⁾? Ist die Durchlässigkeit für organische Verbindungen, etwa für Harnstoff oder Glycerin, eine gleichmäßigere? Oder ist die hohe Variabilität der Einzelwerte ein allgemeines und wesentliches Kennzeichen für die Permeabilitätserscheinungen des lebenden Protoplasten?

Wir dürfen von einer nahen Zukunft Antwort auf diese Fragen erwarten.

Vergleich der plasmometrischen mit früheren Methoden.

Wir müssen die plasmometrische Methode noch kurz mit den bisher zum quantitativen Permeabilitätsnachweis verwendeten Methoden vergleichen.

An erster Stelle steht da FITTINGS (1915²⁾) verfeinerte grenzplasmolytische Methode, auf die wiederholt hingewiesen wurde.

Sie liefert, wo sie anwendbar ist, ebenso sichere und fast so genaue Resultate wie die plasmometrische — Mittelwerte für ganze Präparate, nicht Werte für Zellen; dies kann ein Nachteil, doch auch ein Vorzug sein. FITTINGS Methode ist nur in der Auswahl des Untersuchungsmaterials viel beschränkter. Denn Vorbedingung für alles grenzplasmolytische Arbeiten ist ja, daß mehrere möglichst gleiche Präparate verfügbar sein, daß ferner alle Zellen jedes Präparates möglichst genau im osmotischen Wert übereinstimmen müssen. Wie FITTING (l. c., S. 9) betont, dürften nur wenige Objekte diesen Forderungen so vollkommen, wie die klassische *Rhoeo discolor* genügen. Die Beschränkungen fallen nun weg. Die plasmometrischen Werte gelten ja ganz unmittelbar für die Einzelzellen! Jede zylindrisch-prismatische Pflanzenzelle — und solche fehlen ja wohl in keinem Pflanzenorgan — wird damit zu einem geeigneten Objekt für Permeabilitätsstudien.

Unsere Methode gibt direkten Aufschluß nicht nur für das Gebiet isotonischer, sondern auch für alle hypertonischen Konzentrationen. Sie ist an äußeren Mitteln sehr anspruchslos³⁾. Statt

1) Meine Versuche über den zeitlichen Verlauf der KNO_3 -Durchlässigkeit sprechen nicht zugunsten dieser an sich naheliegenden Deutung.

2) Jahrb. f. wiss. Bot., Bd. 56, 1915, S. 1. — Auf die Handhabung der Methode, die bei FITTING durch allseitige Kritik vorbildlich ist, soll der Vergleich sich natürlich nicht beziehen.

3) Dafür sind allerdings die Ansprüche an Aufmerksamkeit, Materialkenntnis und Kritik des Beobachters sehr hochgespannt, — nicht zumindest auch an dessen rein physische Sehkraft!

langer Konzentrationsreihen in feiner Abstufung braucht man zum Einzelversuch eine einzige Lösung.

Ein schwerwiegender Nachteil der plasmometrischen gegenüber der FITTINGSchen Methode ist jedoch darin gelegen, daß die Ablesungen viel später, nämlich erst nach dem Eintritt meßbarer Endplasmolyse, beginnen können. Zu solcher gehört aber zweierlei: Osmotisches Gleichgewicht und Gleichgewicht auch in der Form des Protoplasten; das letztere kommt meist erst viel später zustande¹⁾. Der Nachteil wird besonders dort ins Gewicht fallen, wo die anfängliche Geschwindigkeit der Stoffaufnahme sich, wie bei *Rhoeo*, rasch ändert. —

Die indirekte Methode der isotonischen Koeffizienten von LEPESCHKIN und TRÖNDLE wird nach FITTINGS eindringender Kritik²⁾ wohl kein Physiologe mehr in Fällen, wo auch direkte Messung möglich ist, verwenden wollen.

Dagegen müssen wir eine direkte Messungsart LEPESCHKINS noch näher ins Auge fassen, da dieselbe unter allen früheren Methoden des Permeabilitätsnachweises der hier beschriebenen zweifellos am nächsten steht. LEPESCHKINS³⁾ Messungen bezogen sich auf Glycerin und *Spirogyra*: An starkplasmolysierten Protoplasten wurde die nachträgliche Ausdehnung, die nur in der Längsrichtung der Zelle stattfindet, verfolgt und aus der Volumzunahme die endosmierte Glycerinmenge berechnet. Der Kern der Bestimmung ist also der gleiche wie hier.

Man muß sich fast wundern, warum LEPESCHKINS direkte Methode keine Nachfolge gefunden und sich nicht eingebürgert hat. Ich glaube nur darum, weil ihr Begründer selbst ihr seine indirekte Methode der Permeabilitätskoeffizienten vorzog und damit einen für die nächste Zukunft so verhängnisvollen Schritt getan hat. Der Hauptgrund mag die Umständlichkeit und die wenig handliche Form jener anderen Methode gewesen sein: Die plasmolysierten Protoplaste von 10—14 Zellen wurden mittels Zeichenokulars abgezeichnet⁴⁾. Die Volumzunahme mußte auf cm^3

1) Für die Zeit imperfekter Plasmolyse läßt sich zunächst die Permeabilitätsgröße nur indirekt erschließen, etwa durch plasmometrische Bestimmung des ursprünglichen Wertes mit Rohrzucker und Umrechnung desselben auf KNO_3 mittels der FITTINGSchen (Jahrb. f. wiss. Bot., Bd. 57, 1917, S. 563, 602) isotonischen Koeffizienten; da aber die Bestimmung nicht am selben Präparat geschehen kann, geht der Hauptvorteil, die Festhaltung der individuellen Zelle, verloren.

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

3) Diese Ber., Bd. 27, 1909, S. 131.

4) Ebd., Bd. 26a, 1908, S. 208.

umgerechnet werden. Die Stoffaufnahme wurde auf die, nur bei wenig Objekten genau meßbare, Oberfläche des Protoplasten bezogen (was übrigens auch theoretisch nicht ganz einwandfrei ist, weil man nicht a priori weiß, ob die freien und die der Zellwand anliegenden Teile der Plasmamembran gleichviel Lösung aufnehmen). Die Messungsfehler konnten im ungünstigen Falle durch Summierung recht groß werden.

Daß diese Mißlichkeiten nunmehr hinwegfallen, dies bringt die Einführung des neuen Begriffes des Grades der Plasmolyse ($G = V_p : V_z$, Volum des Protoplasten : Volum der Zelle) und die hierauf sich gründende osmotische Wertung nach der Gl: $O = C \cdot G$. Auf diesem Gedanken fußt ja auch unsere Permeabilitätsbestimmung, bei der die eintretenden Lösungsmengen sich ganz direkt ergeben. Die Methode wird einfacher und handlicher als auch die der Permeabilitätskoeffizienten je es war¹⁾.

Doch LEPESCHKINs Priorität, zuerst an stark plasmolysierten Protoplasten quantitative Bestimmungen der Permeabilität ausgeführt zu haben, sei hiermit nachdrücklich betont! —

Zahlreiche Autoren haben endlich die Plasmapermeabilität an ganzen Gewebekomplexen und Pflanzenorganen untersucht — meist durch nachträgliche makrochemische Analyse²⁾, ferner aus Änderungen der elektrischen Leitfähigkeit (OSTERHOUT³⁾), aus der Art des Wiederturgeszentwerdens nach plasmolytischer Entspannung (LUNDEGARDH⁴⁾). Trotz wertvoller Ergebnisse besteht hier doch überall der generelle Einwand, daß sich kaum je ganz eindeutig entscheiden läßt, wieviel Stoff in intakte, wieviel in geschädigte oder gar tote Zellen eingedrungen ist. Darin stehen die Methoden hinter den plasmolytisch-mikroskopischen zurück, zumal, wo es sich um quantitative Studien handelt.

Einer Erwähnung bedarf noch das Wort „plasmometrisch“. Ich nenne jetzt meine Methode aus Gründen der Kürze so. Ich

1) LEPESCHKIN (l. c.) hat auch isotonische Koeffizienten „plasmometrisch“ an Einzelprotoplasten bestimmt, die, nachdem sie in Rohrzucker perfekt plasmolysiert worden waren, in nähernd isotonische Glycerinlösung überführt wurden. Die Versuche solcher Art waren zweifellos wertvoller als die grenzplasmolytischen.

2) Vgl. betreffs grober Versuchsfehler, die hierbei zu vermeiden sind, die kritischen Bemerkungen bei RUHLAND, Jahrb. f. wiss. Bot., Bd. 46, 1909, S. 41 f.

3) Science, Bd. 35, 1912, S. 112 u. a. a. O.

4) Kungl. Svenska Vetenskapsakad. Handlingar. Bd. 47, Nr. 3, 1911.

habe mich nur zögernd hierzu entschlossen. Die plasmometrische Methodik ist eine Form der plasmolytischen, ihr untergeordnet, nicht beigeordnet, sie verhält sich zu ihr wie die Spezies zur Gattung. Dies hatte der zuerst gewählte Name „plasmolytisch-volumetrisch“ besser zum Ausdruck gebracht.

Für die Gesamtheit der plasmolytischen Arbeitsweisen, bei denen Messung der Protoplaste und zahlenmäßige Bestimmung des Plasmolysegrades eine Rolle spielt, schlage ich die Bezeichnung „Plasmometrie“ vor.

„Plasmometrie“ in diesem Sinne ist eine Einheit nur vom methodischen Gesichtspunkte. Denn die Fragen, in deren Dienst sie treten kann, sind mannigfacher Art und liegen nach sehr verschiedener Richtung. Ich meinstenils habe die Plasmometrie bisher zur Bestimmung des osmotischen Zellsaftwertes, ferner in beschränkterem Maße zum Studium osmoregulatorischer Vorgänge, zur Charakterisierung zellpathologischer Zustände und nun hier zum quantitativen Nachweis der Plasmadurchlässigkeit verwendet. Für weitere Probleme wird sie sich wohl künftig noch heranziehen lassen.

Unter den Anwendungen ist die Permeabilitätsmessung durch Einfachheit des Prinzips und Eindeutigkeit der Ergebnisse gekennzeichnet; ich darf vielleicht der Hoffnung Ausdruck geben, daß hier die plasmometrische Bestimmungsart, wo sie verwendbar ist, die übliche werden möge. Wenn es dann gemeinsamer Arbeit in absehbarer Zeit gelingen sollte, auf breiter, dem ganzen Pflanzenreiche entnommener Grundlage zu wirklich eindeutigen und sicheren Kenntnissen der Tatsachen vorzudringen, so wird damit vielleicht auch unserer theoretischen Einsicht ins Wesen der Permeabilitätserscheinungen ein guter Dienst geschehen.

Zusammenfassung.

1. Die KNO_3 -Permeabilität der Grundgewebszellen aus dem Stengel von *Tradescantia elongata* wurde plasmometrisch untersucht.

Es dringen aus hypertotonischen Lösungen von 0,20—0,30 GM in die intakten plasmolysierten Protoplaste stündlich im Mittel etwa um 0,005—0,01 GM KNO_3 ¹⁾ ein. Die Mittelwerte sind nicht gleich; in der Größenordnung stimmen sie aber ausgezeichnet überein mit den Werten, die FITTING bei der nahe verwandten *Rhoeo discolor* erhalten hat.

1) Das ist 0,05—0,1 pCt., da eine Lösung von 1 Grammmolekül 101,12 g KNO_3 im Liter Lösung, also etwa 10 pCt. enthält.

2. Die vorliegenden Messungen sind die ersten, die sich auf einzelne Zellen beziehen. Eine Aufnahme von 0,001—0,002 GM KNO_3 in dieselben ließ sich noch mit Sicherheit wahrnehmen.

3. Die Durchlässigkeit gleicher benachbarter Zellen, die unter gleichen äußeren Bedingungen stehen, kann überraschend verschieden sein. Die mittlere Abweichung betrug in meinen Versuchen um 25—50 pCt. und noch mehr.

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: [Über die Permeabilität der Stengelzellen von Tradescantia elongata für Kalisalpeter. 423-442](#)