

Untersuchungen über den Austritt von Zucker aus den Zellen der Speicherorgane von *Allium Cepa* und *Beta vulgaris*.

Von

W. Wächter.

Mit 1 Textfigur.

Während sich über die Vorgänge, die sich bei der Füllung und Entleerung stärkehaltiger Reservestoffbehälter abspielen, auf Grund der Pfefferschen Untersuchungen „Über Aufnahme von Anilinfarben in lebende Zellen“¹⁾ eine klare Vorstellung gewinnen läßt, stellen sich einer Veranschaulichung der gleichen Stoffwechselvorgänge in zuckerhaltigen Speicherorganen mancherlei Schwierigkeiten entgegen. Würde der Prozeß in der Weise vor sich gehen, daß etwa Glykose in die Zelle eindringt und sich dort durch Polymerisation in eine höher molekulare Zuckerart umwandelt, für die das Plasma nicht durchlässig ist, so hätten wir einen der Stärkespeicherung analogen Vorgang vor uns. Wir wissen aber, daß das Plasma nicht allein für Glykose, sondern auch für Rohrzucker permeabel ist²⁾, daß aber trotzdem der Organismus über Mittel verfügen muß, den Stoffaustausch zu regulieren und imstande ist, nach Maßgabe des Bedürfnisses Inhaltsstoffe, die das Plasma passieren können, unter veränderten Bedingungen am Austritt aus der Zelle zu hindern.

Für Untersuchungen, die in der Absicht angestellt werden, einen Einblick in die Vorgänge des Stoffaustausches in den Zellen zuckerhaltiger Reservestoffbehälter zu gewinnen, ist demnach die

1) Untersuch. a. d. botan. Inst. zu Tübingen 1886, Bd. II, p. 179 ff.

2) Puriewitsch, Physiolog. Untersuch. üb. d. Entleerung d. Reservestoffbehälter (Jahrb. f. wiss. Botan., Bd. XXXI, 1898, p. 64, 60). — Pfeffer, Pflanzenphysiologie, 2. Aufl., I, 1897, p. 81.

Kenntnis der chemischen Zusammensetzung der Zellinhaltsstoffe notwendig; ferner wird man zu ermitteln haben, für welche dieser Verbindungen und in welchem Grade das Plasma für sie permeabel ist; und, um über die Regulation des Stoffaustausches ins klare zu kommen, wird man Bedingungen zu schaffen suchen, unter denen die Exosmose der Inhaltsstoffe beschleunigt, verlangsamt oder sistiert werden kann.

Was zunächst die chemische Natur der gelösten Reservestoffe anbetrifft, so vermag uns die Analyse des Preßsaftes nur in bedingtem Maße darüber Aufschluß zu geben, da es sich in der lebenden Zelle um lockere Verbindungen handeln kann, die mit dem Tode der Zelle zerfallen, sodaß wir mit Hilfe der Methoden der mikro- und makrochemischen Analyse oft nur die Identität dieser Zerfallsprodukte feststellen können¹⁾. — Solange uns indessen keine Mittel zur Verfügung stehen, die uns erlauben, ohne Schädigung des Plasmas den Zellinhalt zu untersuchen, sind wir natürlich auf die üblichen Untersuchungsmethoden angewiesen, und wir müssen versuchen, auf indirektem Wege zu ermitteln, inwieweit die tatsächliche Zusammensetzung der Inhaltsstoffe mit den Ergebnissen der Analyse übereinstimmt. Bis zu einem gewissen Grade gibt uns die Untersuchung der aus dem Zellinnern in das umgebende Wasser exosmierenden Stoffe über die im Zellsaft gelösten Substanzen Auskunft; sofern eine nachträgliche Veränderung der in die Außenlösung exosmierten Verbindungen nicht anzunehmen ist²⁾, müssen sie als solche die Plasmahaut passiert haben, und ein Vergleich der Analysenbefunde der exosmierten Substanzen mit denjenigen des Preßsaftes wird in der Regel gewisse Schlüsse über die Natur der Inhaltsstoffe zulassen.

Um eine Vorstellung über die Menge der exosmierenden Verbindungen zu gewinnen, kann man zwei Wege einschlagen, die vergleichende plasmolytische und die quantitativ-chemische Methode. Die plasmolytische Untersuchung ist natürlich einfacher und weniger zeitraubend, dafür aber nicht überall anwendbar und für manche Zwecke nicht exakt genug. Da durch sie lediglich festgestellt werden kann, um wieviel der Turgor einer Zelle sinkt oder zunimmt, so läßt sich zwar annähernd ermitteln, wieviel an osmotisch wirkenden Inhaltsstoffen aus der Zelle exosmiert, aber wir wissen nicht,

1) Vgl. Pfeffer, Pflanzenphysiologie, 2. Aufl., I, 1897, p. 445.

2) ebenda p. 80/81.

wieviel da auf Rechnung der Reservestoffe zu setzen ist, da keineswegs diese allein den hohen osmotischen Druck des Zellinhaltes bedingen. — Die Anwendung der plasmolytischen Methode ist also sehr wohl geeignet für orientierende Vorversuche, reicht aber nicht aus, wenn es sich darum handelt, im einzelnen festzustellen, welche Stoffe exosmieren und in welchem Mengenverhältnis sie in die Außenlösung gelangen. Hierzu bedarf es der chemischen Analyse, resp. einer Kombination beider Methoden.

Anhaltspunkte über Regulationserscheinungen finden wir in den Arbeiten von Hansteen¹⁾ und Puriewitsch²⁾; nach Angabe dieser Autoren lassen sich eine Reihe von Speicherorganen völlig entleeren, wenn für Entfernung der exosmierten Stoffe gesorgt wird. Ferner fand Puriewitsch (a. a. O.), daß durch Narkotika und anorganische Salzlösungen die Entleerung der Maisendosperme gehemmt werde.

Im Anschluß an diese Beobachtungen entstanden die hier mitzuteilenden Untersuchungen. — Nachdem sich die überraschende Tatsache herausgestellt hatte, daß aus den Zellen ruhender Zwiebeln von *Allium Cepa* die Glykose in bei weitem geringerer Menge als eine andere, nicht direkt reduzierende Zuckerart in die Außenlösung exosmierte, und nachdem ferner konstatiert worden war, daß Salzlösungen auch auf die Entleerung der Zwiebeln einen hemmenden Einfluß ausübten, schien es mir nicht uninteressant und für die Kenntnis der Vorgänge beim Stoffaustausch nicht ohne Wert zu sein, eine Reihe quantitativer Bestimmungen der in Wasser und Salzlösungen exosmierenden Zuckerarten vorzunehmen; diese Bestimmungen wurden teils mit Hilfe der plasmolytischen Methode, teils nach den Regeln der quantitativen chemischen Analyse ausgeführt. — Da die Ergebnisse der letzteren mir für die hier zu erörternden Fragen die wesentlicheren zu sein scheinen, mögen sie zunächst angeführt werden.

1) Flora 1894, Ergänzungsbd., p. 419 ff. Über die Ursachen der Entleerung der Reservestoffe aus Samen.

2) Jahrb. f. wiss. Botan., Bd. XXXI, 1898, p. 1 ff. Physiolog. Untersuchungen über die Entleerung der Reservestoffbehälter.

I. Chemische Untersuchungen (*Allium Cepa*).

Die Zwiebeln wurden von den zwei oder drei äußeren Schalen befreit, der Zwiebelkuchen und der Vegetationspunkt mit den jüngsten Blättern entfernt und die übrig bleibenden, fast gleichstarken Zwiebel-schuppen in etwa 4 mm dicke Längsschnitte zerlegt. Die gut abgespülten Schnitte wurden in etwa 500 ccm fassende weithalsige Gläser mit Wasser oder Salzlösung gebracht. Handelte es sich um vergleichende Versuche, für die eine einzige Zwiebel nicht ausreicht, so wurden die Schnitte einer Anzahl Zwiebeln vor dem Versuch durcheinandergemischt, um individuelle Differenzen im Zucker-gehalt möglichst auszugleichen. — Da die Zwiebeln im Vergleich zu Kar-toffeln, Rüben usw. ziemlich empfindliche Objekte sind, war zu fürchten, daß die Schnitte sich nicht lange genug halten würden, und daß infolge Absterbens einer Anzahl Zellen die Zuckerbe- stimmungen in der Außenflüssigkeit ungenau würden. Da nun in der Tat bei Zimmertemperatur (ca. 17—19° C.) leicht eine Trübung in den Versuchsflüssigkeiten beobachtet wurde, wurden die Gläser in den Eisschrank (ca. 4—5° C.) gestellt, worin sich die Lösungen bis zum Ende des Versuchs klar und bakterienfrei erhielten.

Die quantitativen Bestimmungen der Kohlehydrate erfolgte gewichtsanalytisch, da die Titration mit Fehlingscher Lösung sich für unsere Zwecke als unpraktisch und zu ungenau erwies. — Zur Analyse wurden 50 ccm der zu untersuchenden Flüssigkeit mit 50 ccm frisch bereiteter Fehlingscher Lösung zwei Minuten gekocht, der Niederschlag in einem mit Asbestfilter versehenem Allihnschen Röhrchen gesammelt, mit heißem Wasser ausgewaschen, mit Alkohol und Äther getrocknet und geglüht. Nach dem Erkalten des Röhrchens wurde das Kupferoxyd im Wasserstoffstrom reduziert und das metallische Kupfer gewogen. Sollte die Gesamt- menge des diosmierten Zuckers in der Außenflüssigkeit bestimmt werden, wurden je 50 ccm mit $7,5 \text{ ccm } \frac{n}{5} \text{ HCl}$ eine halbe Stunde lang vorher invertiert. — Da eine Analyse der Zuckerarten nicht vorgenommen wurde, handelt es sich im folgenden stets um direkt reduzierende und nichtreduzierende Zuckerarten resp. Kohlehydrate, auch wenn der Kürze wegen gelegentlich von Glykose, Gesamt- zucker, nicht reduzierendem Zucker usw. gesprochen wird. — Zur besseren Übersicht, und um eine annähernde Vorstellung von der absoluten Menge der in den Außenlösungen gefundenen Kohlehydrate

zu gewinnen, wurde für die Berechnung das Verhältnis: 2 Cu = 1 Zucker zugrunde gelegt. Da in den ausführlichen Tabellen die für jede Analyse gefundenen Mengen Cu angegeben sind, kann nach einer genaueren Analyse der Zuckerarten leicht die richtige Menge, die natürlich etwas von den angeführten Zahlen abweicht, bestimmt werden.

Im folgenden gebe ich zunächst eine Übersicht der Gesamtzuckermengen, die in der Außenflüssigkeit = Leitungswasser gefunden wurden, um zu zeigen, welchen Einfluß die Temperaturdifferenz auf die Exosmose hat; um Störungen, die durch Mikroorganismen hervorgerufen sein könnten, auszuschließen, wurde ein Sterilversuch bei Zimmertemperatur zum Vergleich herangezogen.

1. Je 30 g Zwiebelschnitte in 400 ccm Leitungswasser. Zimmertemperatur (ca. 18° C.).

Es wurden in der Außenflüssigkeit gefunden an Gesamtzucker in Versuch:

	I	II	III	IV	V ¹⁾	
nach 1 Tag . . .	27,38	17,0	20,0	28,43	24,0	% der Innenkonzentration ²⁾
„ 2 Tagen . . .	—	—	24,6	54,0	59,0	
„ 3 „ . . .	—	—	—	—	65,25	

2. Je 30 g Zwiebelschnitte in 400 ccm Leitungswasser. Eisschranktemperatur (4—5° C.).

In der Außenflüssigkeit wurden bestimmt an Gesamtzucker in Versuch:

	V	VII	X	XIII	
nach 1 Tag	8,8	17,88	23,0	6,21	% der Innenkonzentration
„ 2 Tagen	13,3	24,0	37,98	6,43	
„ 3 „	14,8	29,26	32,81	7,8	
„ 4 „	19,7	33,0	58,99	—	
„ 5 „	22,0	36,96	—	—	
„ 6 „	24,1	39,0	—	—	
„ 7 „	25,4	40,0	—	—	

1) Die Nummern der Versuche entsprechen den laufenden Nummern der Tabellen.

2) Als Innenkonzentration sind 6% angenommen; vgl. darüber den folgenden Abschnitt.

3. 35 g Zwiebelschnitte in 400 ccm Leitungswasser steril. Zimmertemperatur.

In der Außenflüssigkeit wurden bestimmt an Gesamtzucker:

VI

nach 3 Tagen 52,95% der Innenkonzentration.

Um steril arbeiten zu können, wurde die Zwiebel von den trockenen Häuten befreit, mit Seife und Bürste gereinigt und ungefähr 20 Minuten in 1‰ ige Sublimatlösung gelegt. Das Zerschneiden usw. geschah unter Beobachtung aller Vorsichtsmaßregeln mit sterilisiertem Wasser in dem für derartige Arbeiten konstruierten Dampfkasten¹⁾. Nach drei Tagen war die Flüssigkeit noch absolut klar; die für die folgenden Tage in der Tabelle aufgeführten Zahlen können hier nicht berücksichtigt werden, da die einmal geöffnete Flasche nicht mehr als steril gelten konnte, und da sie nach dem dritten Tage in den Eisschrank gebracht wurde.

Überblicken wir die hier mitgeteilten Zahlen, so finden wir, daß sie sich recht wenig miteinander vergleichen lassen; ich habe trotzdem eine Zusammenstellung in dieser Anordnung deswegen für nützlich gehalten, weil hier eine Eigentümlichkeit, die wir in allen angestellten Versuchen beobachten können, besonders auffällig wird, nämlich die großen Schwankungen in den absoluten Zahlen bei den gleichartigen Versuchen. Es ist vollkommen ausgeschlossen, zB. alle 2‰ igen oder 1‰ igen Salzlösungen in bezug auf die Menge des gefundenen Zuckers miteinander zu vergleichen; wir können immer nur die gefundenen Mengen einer mit demselben Ausgangsmaterial angestellten Versuchsreihe einander gegenüberstellen. — Trotz der großen Schwankungen zeigen die Versuche immerhin, daß die Werte für die Eisschranktemperatur im allgemeinen niedriger ausfallen als bei Zimmertemperatur, obwohl Versuch II und VII miteinander übereinstimmen. Und wenn wir auch kein Gewicht legen auf die für den zweiten und dritten Tag (beim Versuch bei 18°) gefundenen Mengen, so zeigt doch der Sterilversuch, bei dem eine Bakterienwirkung ausgeschlossen war, daß am dritten Tage ein so großer Prozentgehalt an Gesamtzucker nachgewiesen wurde, daß er die für die Eisschrankversuche gefundenen Werte um das Doppelte und darüber übertrifft.

1) Vgl. Puriewitsch, a. a. O., p. 7.

Nachdem einige orientierende Versuche gezeigt hatten, daß für Salzlösungen bei Zimmertemperatur — worauf wir nachher noch zurückkommen — keine sicheren Resultate gewonnen werden konnten, wurde mit Ausnahme eines Sterilversuches, lediglich mit Material gearbeitet, das im Eisschrank untergebracht war.

Aus der folgenden Zusammenstellung sehen wir am einfachsten, wie groß die hemmende Wirkung der Salzlösungen auf den Austritt der Kohlehydrate gegenüber den mit Wasser angestellten Versuchen ist.

Je 30 g Zwiebelschnitte in 400 ccm Leitungswasser oder einer Lösung, die im Liter 0,2 Mol KCl enthält. Temperatur 4—5° C.

In den Außenlösungen wurden an Gesamtzucker gefunden:

Versuch No.	V		VII		X		
	H ₂ O	KCl	H ₂ O	KCl	H ₂ O	KCl	
nach 1 Tag	8,8	3,3	17,88	5,78	23,0	5,44	% der Innenkon- zentration.
„ 2 Tagen	13,3	4,3	24,0	6,55	37,98	6,0	
„ 3 „	14,8	4,14	29,26	6,3	32,81	6,45	
„ 4 „	19,7	4,14	33,0	6,24	58,99	7,97	
„ 5 „	22,0	4,1	36,96	5,79	—	—	
„ 6 „	24,1	4,04	39,0	5,67	—	—	
„ 7 „	25,4	4,32	40,0	—	—	—	

Aus den Versuchen ergibt sich ohne weiteres die starke Hemmung des Zuckeraustritts durch die Salzlösungen; außerdem erkennen wir auch hier wieder, wie die einzelnen Versuche bei gleicher Salzkonzentration verschiedene Werte geben. Während aber die Zahlen für Wasser allmählich wachsen, sehen wir, daß die für Salzlösungen gefundenen Werte sich nach dem ersten Tage ziemlich konstant halten. Ferner lassen die Versuche erkennen, daß zwischen den Außenlösungen eine gewisse Beziehung insofern noch besteht, als da, wo in Wasser weniger Zucker diffundiert, auch in der Salzlösung weniger gefunden wird; wenigstens trifft das für Versuch V und VII zu und bei späteren Untersuchungen hätte man dieses Verhalten zu berücksichtigen.

Eine Frage von prinzipieller Bedeutung ergibt sich daraus, daß nach Exosmose eines bestimmten Anteils der Inhaltsstoffe im Wasser eine allmähliche Zunahme des Zuckers zu beobachten ist, während in der Salzlösung ein Stillstand eintritt. — Nach den Versuchen Puriewitschs¹⁾ muß man annehmen, daß eine Entleerung

1) a. a. O., p. 25.

der Zwiebel fast bis zur Erschöpfung erreichbar ist, wenn für eine genügende Ableitung der exosmierten Stoffe gesorgt ist; ob die in unseren Versuchen zur Anwendung gelangten Flüssigkeitsmengen zur Entleerung genügten und ob trotz der genügenden Menge Wassers ein Stillstand der Exosmose eintreten kann, geht aus den gleich zu erwähnenden Versuchen hervor.

Was indessen die Salzlösungen anbelangt, so ist der Versuch V ganz eindeutig; vom zweiten Tage bis zum Schluß der Untersuchung bleibt die Zuckermenge in der Außenflüssigkeit konstant, die Schwankungen sind auf Analysenfehler zurückzuführen. Auch für den Versuch VII möchte ich Ungenauigkeiten in der Analyse für die etwas stärkeren Ausschläge verantwortlich machen, bevor ich annehme, daß am fünften und sechsten Tage eine Wiederaufnahme des exosmierten Zuckers in die Zellen stattgefunden hat. Die Fehler erscheinen hier zwar etwas zu groß; wenn wir aber die tatsächlich gefundenen Zahlen betrachten, so wird meine Annahme verständlich (vgl. die ausführliche Tabelle). Nun ist zwar ohne weiteres zuzugeben, daß genauer gearbeitet werden kann; aber es hätte für meine Zwecke nicht gelohnt, jedesmal mindestens eine Kontrollanalyse zu machen, da es sich in erster Linie bei meinen Untersuchungen um Auffindung von Annäherungs- und Vergleichswerten handelte. — Im Versuch No. X dürfte es sich um eine Beschädigung des Objektes handeln, da auch im Wasser nach dem dritten Tage eine so große Zunahme der Konzentration gefunden wurde, die nicht wohl auf einen methodischen Fehler zurückzuführen ist.

Nachdem also festgestellt war, daß Salzlösungen den Austritt der löslichen Kohlehydrate hemmen, war zunächst zu ermitteln, welchen Anteil die Konzentration gelöster Stoffe in der Außenlösung an dieser Erscheinung hat. Zu diesem Zwecke wurden Versuche angestellt mit Wasser in verschiedenen Quantitäten bei gleicher Zwiebelmenge, mit verschiedenen starken Salzlösungen, und mit Salzlösungen als Außenflüssigkeit, denen Trauben- oder Rohrzucker nach Maßgabe der am ersten Tage bestimmten, in die Außenlösung diosmierten Kohlehydrate, zugesetzt wurde.

1. Je 30 g Zwiebelschnitte wurden gleichzeitig in 200, 400 und 800 ccm Leitungswasser gelegt. Temperatur 4—5° C.

In den Außenlösungen wurden an Gesamtzucker folgende Mengen gefunden:

Versuch No. VII.

		200 ccm	400 ccm	800 ccm	
nach 1 Tag		18,16	17,88	19,78	% der Innenkon- zentration.
„ 2 Tagen		22,5	24,00	24,57	
„ 3 „		27,9	29,26	32,35	
„ 4 „		31,83	33,00	34,69	
„ 5 „		35,75	36,96	39,36	
„ 6 „		36,94	39,00	40,13	
„ 7 „		—	—	40,96	
„ 8 „		—	—	41,96	
„ 9 „		—	—	42,74	
„ 10 „		—	—	62,00	

Versuch XIII.

		200 ccm	400 ccm	800 ccm	
nach 1 Tag		5,4	5,1	6,21	% der Innenkon- zentration.
„ 2 Tagen		6,1	7,3	6,43	
„ 3 „		6,9	8,0	7,8	

Aus den hier mitgeteilten Zahlen ergibt sich aufs deutlichste, daß es — wenigstens innerhalb der angewandten Wassermengen — ganz gleichgültig ist, ob große oder geringe Mengen zur Anwendung kommen. Die Differenzen sind so gering, daß sie nicht in Betracht gezogen werden können; wäre der Zuckeraustritt abhängig von der Außenkonzentration, so müßten in den 400 ccm das Doppelte und in den 800 ccm das Vierfache von den in 200 ccm gefundenen Kohlehydraten gefunden werden. Bis zum siebenten Tage nach Beginn des Versuches wenigstens kann von einer physikalischen Gleichgewichtslage zwischen Innen- und Außenkonzentration selbst bei 200 ccm nicht die Rede sein, wie eine einfache Rechnung zeigt: 30 g Zwiebeln enthalten nach einer später mitzuteilenden Analyse ungefähr 1,8 g Gesamtzucker, die 200 ccm nach 6 Tagen 36,94% dieser 1,8 g d. i. ca. 0,7 g = 0,35% der Außenlösung.

Ob sich bei Fortsetzung des Versuches herausstellen würde, daß nach Verlauf bestimmter Zeit, unabhängig von der Wassermenge, die täglichen kleinen Konzentrationssteigerungen aufhören, oder ob infolge einer erhöhten Außenkonzentration doch schließlich noch eine Hemmung des Zuckeraustritts erfolgt, zuerst in den 200 ccm und später, proportional der Wassermenge, in den beiden anderen Flüssigkeiten, kann durch die angewandte Methode nicht

ermittelt werden. Die Zwiebelschnitte haben natürlich nur eine begrenzte Lebensfähigkeit und die rapide Steigerung der Konzentration nach dem neunten Tage im Versuch VII ist ohne Zweifel schon auf Tötung einer Anzahl der Schnitte zurückzuführen. — Der Versuch XIII bestätigt das Ergebnis des vorhergehenden; auffällig sind nur die großen Abweichungen in den absoluten Zahlen, worauf bereits hingewiesen wurde.

2. Vergleichen wir nun die bei Anwendung verschiedener Salzkonzentrationen als Außenmedium gewonnenen Resultate, so ergeben sich folgende Verhältnisse:

Je 30 g Zwiebelschnitte in je 400 ccm Außenlösung. Temperatur 4—5° C.; an Gesamtzucker wurden gefunden:

		nach Tagen:	1	2	3	4	5	6	7	} % der Innenkonzentration
Vers. V	KCl 0,1 Mol									
	p. Liter . . .	4,8	6,2	6,06	6,06	6,46	6,4	6,95		
Vers. VII	KCl 0,2 Mol									
	p. Liter . . .	3,3	4,3	4,14	4,14	4,1	4,04	4,32		
Vers. VII	KCl 0,2 Mol									
	p. Liter . . .	5,78	6,55	6,3	6,24	5,79	5,67	—		
Vers. VII	NaCl 0,2 Mol									
	p. Liter . . .	3,78	5,24	6,4	5,57	5,35	6,1	—		
Vers. XI	KCl 0,2 Mol									
	p. Liter . . .	7,35	8,99	8,9	—	9,65	10,56	12,0		
Vers. XI	KCl 0,3 Mol									
	p. Liter . . .	7,56	9,3	9,2	9,8	10,45	12,13	13,9		
Vers. XI	KCl 0,4 Mol									
	p. Liter . . .	5,88	10,66	10,88	11,0	13,2	15,12	19,98		

Nach den für Versuch V gefundenen Werten könnte man annehmen, daß eine Beziehung zwischen Außenkonzentration und Exosmose besteht; dieser Annahme widersprechen jedoch die für Vers. VII und XI bestimmten Zahlen, aus denen ferner hervorgeht, daß auch eine spezifische Wirkung des Kations nicht vorhanden ist. Der Versuch mit der 0,4 mol. Lösung kann nicht zum Vergleich herangezogen werden, da die Zwiebelzellen bei dieser Konzentration bereits plasmolysiert waren, wodurch, falls die Zellen in ihrer Mehrzahl wirklich noch am Leben waren, jedenfalls andere Bedingungen geschaffen waren, als bei Anwendung hypotonischer Lösungen.

Von einer physikalischen Gleichgewichtslage kann auch hier nicht gesprochen werden, wenigstens nicht in den Fällen, wo die Außenkonzentration 0,2 Mol KNO_3 oder KCl nicht überschreitet. In dem Versuch mit 0,3 mol. KCl -Lösung könnte man für den siebenten Tag ein annäherndes Gleichgewicht zwischen Außen- und Innenlösung herausrechnen, unter der Annahme, daß das Plasma für die Salzlösungen nicht permeabel ist und daß der Zellsaft einen osmotischen Druck von 3,5% KNO_3 repräsentiert. Nun ist KCl aber sicher fähig, in das Innere der Zelle zu gelangen — für das Cl -Ion konnte das Eindringen nachgewiesen werden — und in diesem Falle müßte bei weitem mehr Zucker exosmieren, um eine Gleichgewichtslage herbeizuführen. Eine genaue Bilanz läßt sich übrigens nicht eher feststellen, bevor wir nicht über die außer dem Zucker in den Zwiebeln enthaltenen Körper besser orientiert sind. — Indessen geht aber aus den Versuchen mit 0,1 und 0,2 molekul. Lösungen zur Genüge hervor, daß es sich in unserem Falle nicht um eine Abhängigkeit der Exosmose von dem osmotischen Druck der Außenlösung handeln kann, ob wir nun eine Durchlässigkeit des Plasmas für die Salze der Außenlösung annehmen oder nicht.

3. Wir beobachteten in allen Versuchen nach dem ersten Tage einen gewissen Stillstand in der Exosmose des Zuckers, d. h. die Konzentration der Außenlösung nimmt in den nächsten Tagen nur um einen geringen Prozentsatz zu oder der Zuckergehalt bleibt derselbe, wie nach dem ersten Tage. Würde die Hemmung bedingt sein durch eine bestimmte Menge des Zuckers in der Außenlösung, sei es zur Erreichung eines gewissen osmotischen Druckes, sei es deswegen, weil eine Zuckerlösung einen Reiz auf das Plasma ausübt, durch den eine weitere Exosmose inhibiert wird, so dürfte gar kein Zucker oder nur Spuren in die Außenlösung gelangen, wenn man einer Salzlösung von vornherein soviel Zucker zusetzte, als unter normalen Bedingungen am ersten Tage nach außen diosmiert.

Aus den Versuchen V, VII, X, XI mit 0,2 mol. KCl pro Liter als Außenlösung ist ersichtlich, wieviel nach dem ersten Tage in 50 ccm an Gesamtzucker gefunden wurden:

in Versuch V:

0,0075 g = 0,015% d. Außenlösung = 3,3% d. Innenkonzentration;

in Versuch VII:

0,013 g = 0,026% d. Außenlösung = 5,78% d. Innenkonzentration;

in Versuch X:

0,012 g = 0,024 % d. Außenlösung = 5,44 % d. Innenkonzentration;

in Versuch XI:

0,016 g = 0,032 % d. Außenlösung = 7,35 % d. Innenkonzentration.

Es wurden nun in der üblichen Weise vier Versuche mit einer 0,2 mol. KCl-Lösung angesetzt und den Salzlösungen hinzugefügt:

Vers. VIII 4—5° C.	1.	0,025 %	Traubenzucker der Außenlösung		
	2.	0,25 "	"	"	"
	3.	0,0125 "	Rohrzucker	"	"
	4.	0,125 "	"	"	"

also Mengen, die zum Teil größer waren, als die in den Versuchen V usw. gefundenen. Nach 24 Stunden wurden je 50 ccm invertiert und analysiert; die Proben enthielten an Gesamtzucker, nach Abzug des Zusatzes:

1. 0,013 g = 0,026 % d. Außenlösg. = 5,88 % d. Innenkonzentrat.
2. 0,0095 g = 0,019 " " " = 4,2 " " "
3. 0,014 g = 0,028 " " " = 6,23 " " "
4. 0,013 g = 0,026 " " " = 5,67 " " "

Hieraus folgt ohne weiteres, daß der Zuckerzusatz ohne jeden Einfluß auf die Exosmose war. Daß auch im weiteren Verlauf des Versuches kein Unterschied sichtbar wird gegenüber den ohne Zuckerzusatz angestellten, lehrt ein Vergleich der Kurven dieser Versuchsreihe mit denjenigen der Analysen V, VII, X und XI.

Man könnte gegen die Versuchsanstellung einwenden, daß ein Operieren mit Trauben- und Rohrzucker nicht den wirklichen Verhältnissen entspricht; da aber eine genauere Analyse der in den Zwiebeln vorhandenen Kohlehydraten nicht vorliegt, so muß eine entgültige Entscheidung der Frage offen bleiben, bis die Zwiebelzuckerarten bekannt sind. Mit ausgepreßtem Zwiebelsaft ließ sich nicht experimentieren, da die Objekte unter seiner Einwirkung allzusehr abstarben.

Nehmen wir einstweilen an, daß der Zusatz von Trauben- oder Rohrzucker wie die tatsächlich in der Zwiebel vorhandenen Zuckerarten wirken, so haben wir durch unsern Versuch konstatieren können, daß die Exosmose nicht an die Gegenwart einer bestimmten Quantität Zucker in der Außenlösung gebunden ist. Das ist nach den Versuchen Nathansohns¹⁾ mit Codium keine allzu auffällige Erscheinung mehr. Wie aus dem Codium eine bestimmte Menge von

1) Über Regulationserscheinungen im Stoffaustausch (Jahrb. f. wiss. Botan., Bd. XXXVIII, 1903, p. 260 ff.).

Chloriden in die Außenflüssigkeit diffundiert — ganz unabhängig von dem Chloridgehalt der letzteren, so können wir uns auch hier vorstellen, daß durch irgendwelche Ursachen bedingt, nur ein Teil der Zwiebelinhaltsstoffe nach außen wandert. Diese Tatsache gibt uns allerdings noch keinen Aufschluß über die Mechanik des Prozesses und ebensowenig konnten wir eine Regulation, die bei *Codium* durch die wechselnde Salpeterkonzentration der Außenlösung stattfinden kann, durch Modifikation der Salzkonzentration nachweisen; aber immerhin bleibt die Tatsache bestehen, daß schon nach einem Tage das Maximum der Exosmose annähernd erreicht ist und daß die Menge des exosmierten Zuckers nur einen Bruchteil der Innenkonzentration repräsentiert. Als Ursachen der Hemmung kann aber — falls wir nicht eine durch die Verletzung des Objektes bedingte, dem Absterben vorausgehende pathologische Veränderung des Plasmas annehmen wollen — nur zweierlei in Betracht kommen, nachdem der Faktor der Einstellung nach den Gesetzen der Diffusion ausgeschaltet werden konnte. Entweder ist überhaupt nur ein Teil des Inhalts fähig, das Plasma zu passieren oder, wenn nur diosmierende Verbindungen im Zellsaft vorhanden sind, muß das Plasma befähigt sein, seine Permeabilität zu verändern. Wenn wir letzteres annehmen, so müßten weitere Untersuchungen darüber entscheiden, ob nicht doch noch auf irgend eine Weise eine Regulation nachzuweisen sei; dieser Nachweis würde nicht nur für eine generelle Auffassung der Austauschmechanik von Bedeutung sein, er würde uns auch weitere Einsicht in die Natur der Inhaltsstoffe der Zwiebel gewähren. — Daß die Möglichkeit des Nachweises einer Regulierung nicht ausgeschlossen erscheint, dafür bürgen vielleicht die starken Schwankungen der Werte in den verschiedenen Versuchen. — Im Anschluß an die eben besprochenen Versuche muß ich einen Versuch erwähnen, der im Widerspruch zu den vorigen steht.

Je 30 g Zwiebelschnitte wurden in je 400 ccm 0,2 mol. KNO_3 -Lösung und 0,2 mol. KNO_3 -Lösung + 1% Traubenzucker gelegt. Temperatur: 4–5° C. Das Analysenergebnis war folgendes:

		KNO_3	KNO_3 + Tr.-Z.	
nach 1 Tag	. . .	4,45	0,0	} % der Innenkon- zentration
„ 2 Tagen	. . .	5,0	0,65	
„ 3 „	. . .	5,25	1,7	
„ 4 „	. . .	5,35	—	
„ 5 „	. . .	6,24	16,26	
„ 6 „	. . .	—	17,98	
„ 7 „	. . .	6,63	26,30	

Hiernach wäre in der Tat durch den Zusatz von Traubenzucker eine Exosmose am ersten Tage verhindert. Da der Versuch nicht wiederholt wurde, lege ich hier kein Gewicht darauf, weil ich vermute, daß bei der Analyse ein Fehler gemacht wurde. Da zur Reduktion von 50 ccm Fehlingscher Lösung ca. 0,5 g Zucker verbraucht werden, so mußte mit relativ großen Mengen gearbeitet werden, wodurch sich die Fehler, die ohnehin durch die Subtraktion des dem zugesetzten Zucker entsprechenden Kupfers entstehen, vergrößern, da die aus 50 ccm Salzlösung enthaltenen Kupfermengen doch recht unbedeutend sind. — Die große Steigerung in der Konzentration vom fünften Tage an läßt auf Beschädigung der Zellen schließen. — Wenn ich diesen Versuch auch bei den vorhergehenden Erörterungen nicht berücksichtigt habe, so wollte ich die Mitteilung dieser Analyse nicht unterlassen, da es sich doch vielleicht herausstellen könnte, daß der Zusatz großer Mengen Zucker zur Außenlösung auf die Exosmose in anderer Weise wirkt als kleine Quantitäten; doch ließe sich das nur durch eine genauere und vollkommenere Methode feststellen.

Die bisher mitgeteilten Untersuchungen wurden mit Material, das im Eisschrank gehalten wurde, angestellt. — Wie ich oben bereits bemerkte, ergaben die bei Zimmertemperatur gehaltenen Versuche keine brauchbaren Resultate, da die Flüssigkeiten schon am zweiten Tage nicht mehr klar blieben, und die Gefahr lag nahe, daß infolge der Einwirkung von Bakterien auf das Objekt das Analysenergebnis ungenau wurde. Weil die Lösungen trotzdem analysiert wurden, und sich dabei herausstellte, daß am zweiten Tage weniger Zucker in der Außenlösung gefunden wurde, als am ersten, so mögen die Befunde hier mitgeteilt werden, zumal sich aus den Versuchen einige Anhaltspunkte zur Beurteilung der Konservierungsfähigkeit der Salzlösungen ergaben.

Je 30 g Zwiebeln in je 400 ccm Außenflüssigkeit. Temperatur ca. 18° C. Es wurden bestimmt an Gesamtzucker:

Versuch III.

	Wasser	KCl 0,1 Mol	KCl 0,2 Mol	KNO ₃ 0,1 Mol	
nach 1 Tag	20,0	4,3	5,44	7,6	} % der Innen- konzentration
„ 2 Tagen	24,6	2,2	1,4	5,4	

Versuch IV.

	Wasser	KCl 0,3 Mol	KNO ₃ 0,3 Mol
nach 1 Tag	28,43	8,33	9,8 % der Innen-
„ 2 Tagen	54,0	4,9	8,2 konzentration

Wenn die Trübung in den Flüssigkeiten auf Gegenwart von Fäulnißbakterien zurückzuführen ist, sollte man annehmen, daß durch das rasche Absterben der Zellen der Zuckergehalt der Außenlösungen erheblich steigen würde, wie es vielleicht bei Versuch IV in Wasser der Fall war.

Da die hier namhaft gemachten Versuche die ersten waren, so schenkte ich anfangs dem Verschwinden des Zuckers keine andere Aufmerksamkeit, als daß ich die Versuche bei Zimmertemperatur einstweilen abbrach, bis ich durch einige mit der roten Rübe angestellte Versuche eine eigentümliche Erscheinung beobachtete, auf die hier kurz eingegangen werden soll.

Ich legte (bei Zimmertemperatur) etwa 1 cm³ große Stücke der roten Rübe in Lösungen von 0,1, 0,2, und 0,3 Mol KCl pro Liter (ca. 50 g auf 400 ccm) und bemerkte, daß sich die Lösungen von 0,1 und 0,2 Mol schon am nächsten Tage schwach rot färbten und daß die Färbung an den folgenden Tagen proportional der Konzentration zunahm — ein Zeichen, daß ein Teil der Zellen getötet war. Die stärkere Lösung blieb aber ungefärbt und zwar wochenlang; wie ich mich durch Plasmolysieren der Zellen überzeugte, blieben alle Zellen während dieser Zeit lebendig. Trotzdem trübte sich die Lösung und es trat sogar Gasentwicklung ein. Diese Beobachtung ist darum vielleicht von einiger Bedeutung, weil die rote Rübe, dank ihres rotgefärbten Zellsaftes, uns ein sehr bequemes Mittel bietet, die Konservierungsfähigkeit der verschiedenen Salze zu bestimmen. Ob allerdings die konservierenden Eigenschaften der Salzlösungen mit dem zu konservierenden Objekt wechseln, oder ob z. B. die nötige Konzentration für verschiedene Objekte verschieden gewählt werden muß, etwa im Verhältnis der osmotisch wirksamen Substanzen in den Zellen; oder ob für verschiedene Objekte Kali- oder Natronsalze, Chlorionen oder NO₃-Ionen wirksamer sind als andere, wurde noch nicht näher untersucht. Indessen scheint es mir wahrscheinlicher, daß die Beziehung der Konzentration zu den Bakterien der maßgebende Faktor ist. Wir wissen, daß die Wachstumsmöglichkeit für verschiedene Bakterien an bestimmte Salz-

konzentrationen gebunden ist¹⁾ und können uns sehr wohl vorstellen, daß bei der angewandten Konzentration die Fäulnisbakterien nicht mehr oder nur langsam wachsen, hingegen andere, die den aus der Rübe diosmierten Zucker veratmen und Kohlensäure entwickeln. — Vielleicht liegt bei den Zwiebelversuchen etwas ähnliches vor und wir könnten annehmen, daß der Zuckerverlust in der Außenlösung auf Bakterientätigkeit zurückzuführen ist und daß die Trübung der Lösung in keinem Zusammenhang mit einer partiellen Abtötung der Objekte steht. — Mir scheint diese Erklärung jedenfalls plausibler als die Annahme, daß aus der Außenlösung etwa wieder eine Zuckeraufnahme stattgefunden hätte. Daß letzteres nicht der Fall sein kann, zeigt ein Sterilversuch bei Zimmertemperatur, der uns gleichzeitig darüber Aufschluß gibt, inwieweit die Temperaturdifferenzen auch für die in Salzlösungen diosmierenden Kohlehydrate von Bedeutung sind.

Zum Versuch wurden wiederum, nach gehöriger Desinfektion, die Zwiebeln mit sterilem Wasser abgewaschen, mit sterilen Messern zerschnitten usw. und unter Beobachtung aller Vorsichtsmaßregeln im Dampfkasten in eine Lösung von 0,2 Mol KCl pro Liter gebracht. Der für den Versuch verwandte — vorher sterilisierte — Kolben wurde an seiner oberen, zur Aufnahme der Schnitte geeigneten Öffnung mit Watte verschlossen, während das Abflußrohr durch einen Gummischlauch und Quetschhahn abgesperrt wurde. Dieser Verschuß ist allerdings nicht einwandfrei, genügte aber für meine Zwecke, da die Flüssigkeit, die für die Analysen verwandt wurden, vollkommen klar blieben. Zur Kontrolle, ob in der Tat steril gearbeitet wurde, legte ich einige Zwiebelschnitzel in ein vorher sterilisiertes Glas mit Nährlösung, die über acht Tage lang vollständig klar blieb. Eine später eintretende Trübung ist offenbar darauf zurückzuführen, daß Dauerformen von Bakterien, die sich zwischen den inneren Zwiebelschuppen befanden, unter den günstigen Ernährungsbedingungen zur Entwicklung gelangten. Infolgedessen eignet sich die Zwiebel für Sterilversuche weniger gut als die besser zu behandelnden Kartoffeln, Rüben usw.

Wie durch Wägung des vorher tarierten Kolbens festgestellt werden konnte, enthielt er 28 g Zwiebeln in 300 ccm Flüssigkeit. Der Kolben wurde im Arbeitszimmer aufgestellt und durch das

1) vgl. A. Fischer, Vorlesungen über Bakterien, Jena 1903, p. 29 und die dort zitierten Arbeiten.

Abflußrohr täglich die zu analysierende Menge Salzlösung entnommen.

Es wurden an Gesamtzucker gefunden:

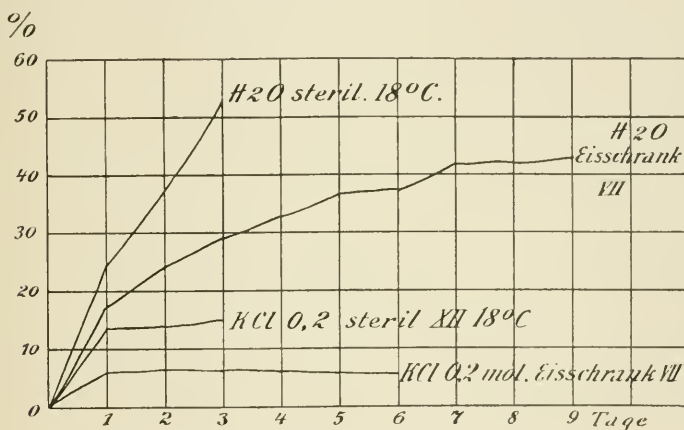
nach 1 Tag 13,93 % der Innenkonzentration,

„ 2 Tagen 14,15 „ „ „

„ 3 „ 15,28 „ „ „

Also am zweiten Tage tritt hier keine Abnahme des Zuckergehalts ein, sondern der Versuch stimmt mit den bei niedrigerer Temperatur angestellten überein, nur die absoluten Werte sind höhere, ähnlich wie wir es bei den Versuchen mit Wasser konstatieren konnten.

Fassen wir die bisher gewonnenen Ergebnisse kurz zusammen, so finden wir, daß Salzlösungen den Austritt der löslichen Kohle-



Graphische Darstellung der Analysenbefunde.

Für diese Darstellung wurden Beispiele aus den Versuchen VII und XII gewählt, weil diese sich am ähnlichsten waren. Für den ersten Tag des Sterilversuches mit Wasser wurde das Mittel aus denjenigen Zahlen gewählt, die in den Versuchen I—IV für den ersten Tag gefunden wurden; der Wert für den dritten Tag wurde tatsächlich gefunden (vgl. Vers. VI).

hydrate hemmen. Sowohl in Wasser wie in Salzlösungen exosmiert während der ersten 24 Stunden am meisten, die Kurve steigt steil an, verläuft in den nächsten Tagen horizontal oder steigt allmählich an, wie aus der graphischen Darstellung (s. Fig.) zu entnehmen ist. Aus Versuch VII und XIII ist zu schließen, daß wenigstens innerhalb der angewandten Flüssigkeitsmengen die Exosmose unabhängig von der Konzentration der Außenlösung erfolgt, daß es vielmehr auf Einstellung einer bestimmten Innenkonzentration ankommt. Jedenfalls erfolgt der Austritt der Zucker-

arten nicht nach Maßgabe der Diffusionsgesetze; ob indessen die Konzentration der Außenlösung regulierend auf die Exosmose einwirken kann, konnte noch nicht entschieden werden. — Bei Eisschranktemperatur trat weniger Zucker in die Außenlösung als bei Zimmertemperatur. — Die absoluten Mengen der diosmierten Kohlehydrate schwankten in den einzelnen Versuchen außerordentlich, sodaß mit Sicherheit nur die gleichzeitig mit demselben Material angestellten Versuche verglichen werden können.

Über das Mengenverhältnis der reduzierenden und nicht reduzierenden Kohlehydrate.

Daß die Glykose der wesentliche Bestandteil der Reservestoffe in der Zwiebel ist, wird in der botanischen Literatur als allgemein feststehend betrachtet; es war darum für mich eine überraschende Tatsache, daß bei Analysierung der Außenlösungen in fast allen Fällen sehr wenig Glykose, hingegen ein nicht direkt reduzierendes Kohlehydrat in relativ großen Mengen gefunden wurde. Wenn mir auch bekannt war, daß in der Zwiebel neben der Glykose noch andere Zuckerarten vorkommen, so hätte man — bei der Rolle, die die Glykose im Stoffwechsel als Transportzucker spielt — das Gegenteil von dem erwarten sollen, was durch die Analysen festgestellt wurde. Der besseren Übersicht wegen seien hier die Mengenverhältnisse der beiden Zuckerarten (Glykose = 1) angeführt. Die in Klammern beigefügten Zahlen geben den in den einzelnen Analysen gefundenen Wert des Gesamtzuckers an, ausgedrückt in Prozenten der Innenkonzentration.

Versuch X.

	Wasser	0,2 Mol KCl
nach 1 Tag	1 : 1,8 (23,0)	1 : 9,65 (5,44)
„ 2 Tagen	1 : 1,69 (37,98)	1 : 12,75 (6,0)
„ 3 „	1 : 0,63 (32,81)	1 : 9,0 (6,45)
„ 4 „	1 : 2,0 (58,99)	1 : 40,0 (7,97).

Versuch XI.

	0,2 Mol KCl	0,3 Mol KCl	0,4 Mol KCl
nach 1 Tag	1 : 2,6 (7,35)	1 : 2,8 (7,56)	1 : 1,7 (5,88)
„ 2 Tagen	1 : 2,4 (8,99)	1 : 2,4 (9,3)	1 : 3,0 (10,66)
„ 3 „	1 : 2,4 (8,9)	1 : 2,4 (9,2)	1 : 2,3 (10,88)
„ 4 „	— —	1 : 2,3 (9,8)	1 : 0,84 (11,0)
„ 5 „	1 : 3,0 (9,65)	1 : 2,2 (10,45)	1 : 2,3 (13,0)
„ 6 „	1 : 2,9 (10,56)	1 : 1,6 (12,13)	1 : 2,85 (13,9)
„ 7 „	1 : 2,7 (12,0)	1 : 2,9 (13,9)	1 : 2,2 (19,98).

Versuch XII.

	0,2 Mol KCl	0,5% Ather	0,2 Mol KCl + 0,5% Ather
nach 1 Tag	1 : 2,8 (13,93)	1 : 2,7 (51,21)	1 : 8,6 (6,9)
„ 2 Tagen	1 : 2,8 (14,15)	1 : 2,0 (56,47)	1 : 5,7 (6,9)
„ 3 „	1 : 3,6 (15,28)	— —	1 : 6,2 (42,73).

Versuch XIII.

	Wasser 800 ccm	Wasser 400 ccm	Wasser 200 ccm
nach 1 Tag	1 : 8,3 (6,21)	1 : 2,8 (5,1)	1 : 2,4 (5,4)
„ 2 Tagen	1 : 6,3 (6,43)	1 : 3,0 (7,3)	1 : 2,9 (6,1)
„ 3 „	1 : 6,2 (7,8)	1 : 3,6 (8,0)	1 : 2,7 (6,9).

Vergleichen wir die gefundenen Zahlen miteinander, so bemerken wir zunächst, daß nur zweimal (in Vers. X am 3. Tage in Wasser und in Vers. XI am 4. Tage in 0,4 Mol KCl) die Glykose überwiegt; in allen anderen Fällen betragen die nicht reduzierenden Kohlehydrate das doppelte bis neunfache, einmal sogar das 40fache der Glykose. — Ferner müssen wir konstatieren, daß irgend eine Gesetzmäßigkeit nicht aus den Zahlen abzuleiten ist; weder besteht eine Beziehung zur Außenkonzentration noch zu der Gesamtmenge des exosmierten Zuckers.

Bei den zum Teil sehr geringen Mengen Glykose, die in den analysierten Portionen der Außenlösung gefunden wurden, könnte man auf die Vermutung kommen, daß überhaupt keine Glykose exosmiert sei. — Die quantitative Bestimmung des Traubenzuckers neben nicht reduzierenden Zuckerarten ist bei Anwendung von Fehlingscher Lösung nicht ohne weiteres einwandfrei. Nach v. Lippmann¹⁾ kann man die Anwesenheit von kleinen Mengen Glykose neben Rohrzucker nur dann mit Bestimmtheit behaupten, wenn Kontrollversuche mit reiner Saccharose unter den gleichen Versuchsbedingungen keine Kupferreduktion erkennen lassen. Da aber sämtliche Versuche mit gleichen Flüssigkeitsmengen angestellt und gleich lange gekocht wurden; da ferner ein Rohrzuckerzusatz in Fehlingscher Lösung keinen Niederschlag erzeugte, dürfen wir mit einiger Wahrscheinlichkeit annehmen, daß wirklich Glykose in die Außenlösung gelangte, obwohl der nicht reduzierende Zucker keine Saccharose, sondern nur ein dem Rohrzucker ähnlicher Körper ist. — Auch eine Beeinflussung durch Salze in der Außenlösung kann für

1) v. Lippmann, Die Chemie der Zuckerarten, 3. Aufl., Braunschweig 1904, p. 1396.

unsere Fälle nicht in Betracht kommen, da Halogenverbindungen nach Smiths¹⁾ Rohrzucker erst nach zweistündigem Erhitzen invertieren. Schließlich widerspricht die Annahme, daß Glykose nicht diosmieren sollte, allen Erfahrungen.

Wenn wir nun auch mit Sicherheit annehmen dürfen, daß die Glykose exosmiert, so bleibt doch die Tatsache auffällig, daß die nicht direkt reduzierenden Zuckerarten bei weitem in der Außenlösung überwiegen. Es war deshalb von Interesse, zu erfahren, ob in der Zwiebel der Gehalt an den beiden Zuckerarten ein dem Analysenbefund in der Außenlösung entsprechender ist, oder ob die Zuckerarten unabhängig voneinander exosmieren.

Die chemische Literatur gibt uns nur ungenügenden Aufschluß über die Inhaltsstoffe der Zwiebel. So soll nach Schulze und Frankfurt²⁾ die Zwiebel zwar keine Saccharose, aber eine „beträchtliche Quantität eines anderen invertierbaren Kohlehydrats“ neben der Glykose enthalten, während Kayser³⁾ 10—11% Rohrzucker angibt. Diese sich widersprechenden Angaben veranlaßten mich, selbst einige Analysen meines Versuchsmaterials auszuführen, die folgendes ergaben:

1. 29. I. 04. Aus einem Gemisch von vier zerschnittenen frischen Zwiebeln (ca. 150 g) wurden 10 g nach sorgfältigem Abwaschen mit Wasser in einem Porzellanmörser zerquetscht, zu einer homogenen Masse verarbeitet und mit Wasser auf 150 ccm aufgefüllt. Nach dem Filtrieren wurden 50 ccm sofort und 50 ccm nach Inversion mit $7,5 \text{ ccm } \frac{n}{5} \text{ HCl}$ mit Fehlingscher Lösung behandelt wie bei der Analyse der Außenlösungen. Es wurden gefunden für 50 ccm:

ohne Inversion:	0,2065 g Cu = ca. 3% Glykose,
nach „	0,4300 g Cu = ca. 3,4% nicht reduzierende Kohlehydrate.

2. 15. II. 04. Eine Zwiebel wurde zerschnitten und in derselben Weise behandelt. Es fanden sich in 50 ccm:

ohne Inversion:	0,2005 g Cu = ca. 3,0% Glykose,
nach „	0,4407 g Cu = ca. 3,6% nicht reduzierende Kohlehydrate.

1) Zeitschr. f. physikal. Chemie, 25, p. 144 (zitiert nach v. Lippmann).

2) Zeitschr. f. physiolog. Chemie 1895, Bd. XX, p. 531.

3) Landw. Versuchsst., 29, 1883, p. 469.

3. 22. II. 04. Eine Zwiebel, behandelt wie die vorigen.
Analyseergebnis für 50 ccm:

ohne Inversion: 0,2225 g Cu = ca. 3,3% Glykose,
nach „ 0,4225 g Cu = ca. 3,0% nicht reduzierende
Kohlehydrate.

4. 22. II. 04. Gemisch aus fünf Zwiebeln. In 50 ccm
fanden sich:

ohne Inversion: 0,2220 g Cu = ca. 3,3% Glykose,
nach „ 0,4565 g Cu = ca. 3,5% nicht reduzierende
Kohlehydrate.

Es zeigen diese vier Analysen recht übereinstimmende Resultate; wir finden, daß Glykose und nicht reduzierende Kohlehydrate annähernd in gleicher Menge vorhanden sind (ca. 3%, bezogen auf das Frischgewicht der Zwiebel). Wenn vielleicht auch die analytische Methode nicht ganz einwandfrei ist, so genügte sie für unsere Zwecke, und bei der Übereinstimmung der Werte durfte ich auf eine kompliziertere Versuchsanstellung verzichten. Unter diesen Umständen war es sogar angenehmer, in gleicher Weise wie bei der Analyse der Außenlösungen verfahren zu können, weil dadurch der Vergleich zwischen den Versuchsergebnissen vereinfacht wurde und zuverlässiger erschien, als wenn verschiedene Methoden in Anwendung kamen.

Auf Grund des hier ermittelten Gesamtzuckergehaltes der Zwiebel (ca. 6% des Frischgewichtes) wurden bei allen Berechnungen 6% als normal angenommen. Für die Beurteilung der relativen Werte war es ziemlich gleichgültig, ob die Zwiebeln 6% oder 7% Zucker enthalten, wenn nur eine annähernde Übereinstimmung des Materials nachgewiesen werden konnte. Auf Genauigkeit kann natürlich kein Anspruch erhoben werden; für diesen Fall hätte man jede zum Versuch verwandte Zwiebel vorher analysieren müssen.

Wir konnten also nachweisen, daß die beiden Zuckerarten in einem anderen Verhältnis exosmieren, als sie in der Zwiebel vorhanden sind. Und wenn auch über die Ursachen dieser Erscheinung einstweilen jede auf experimenteller Grundlage fußende Erklärung fehlt, so beweisen die Analysen aufs neue, daß in der Tat eine Diosmose stattfindet und daß der Zuckergehalt in der Außenlösung nicht etwa auf einem Absterben des Objektes beruht, da in diesem Falle die Kohlehydrate in demselben Verhältnis außen wie innen gefunden werden müßten.

Eine Änderung des Mengenverhältnisses, wie es Puriewitsch (a. a. O., p. 54) für *Zea Mais* usw. fand — im Laufe der Zeit verminderte sich der nicht reduzierende Zucker —, konnte ich nicht feststellen, da sich meine Versuche aus dem angeführten Grunde nur über einige Tage erstreckten.

Die für sämtliche Versuche verwandten Zwiebeln wurden in einem Kellerraum bei einer Durchschnittstemperatur von 10–12° C. aufgehoben; diesem Vorrat wurden auch die für die Analyse der ganzen Zwiebeln erforderlichen Proben entnommen, mit Ausnahme der für die dritte Untersuchung benutzten, die 14 Tage lang im Eisschrank gelegen hatte. Da das Resultat nicht von dem der anderen Analysen abwich, scheint also durch die Verminderung der Temperatur von 12° auf ca. 4° C. keine Änderung in der Zusammensetzung der Zwiebel vor sich zu gehen. Selbstverständlich ist dieser eine Versuch nicht entscheidend und er läßt ebensowenig generelle Schlüsse über die Einwirkung der Temperatur auf den Zuckergehalt der Zwiebel zu, wie ein bei höherer Temperatur angestellter Versuch: In einer Zwiebel, die, ohne zu keimen, vom 1. bis 15. Februar bei einer Temperatur von 33° C. gelegen hatte, fanden sich nur 1,7% Glykose, dagegen 6,3% nicht reduzierende Substanzen, also eine ganz erhebliche Abnahme der Glykose zugunsten der nicht reduzierenden Kohlehydrate. — Weitere Untersuchungen über den Einfluß der Temperatur auf den Stoffwechsel der Zwiebel wären besonders wegen des anscheinend abweichenden Verhaltens gegenüber anderen Objekten von Interesse¹⁾, ebenso wie genauere Bestimmungen der Zuckerarten unter Einwirkung anderer äußerer und innerer Faktoren zB. des Austreibens, worüber hier ein paar orientierende Versuche mitgeteilt sein mögen. — In einer bewurzelten, eben austreibenden Zwiebel fand ich 1,3% Glykose und 2,5% nicht reduzierenden Zucker, während eine an demselben Tage analysierte Zwiebel, die bereits eine ganze Anzahl Blätter entwickelt hatte, 2% Glykose und nur 0,4% nicht reduzierende Kohlehydrate enthielt.

Daß in diesen beiden Analysen die absoluten Zahlen geringer sind, ist ohne weiteres verständlich, da zur Produktion der Wurzeln und Blätter die Nährstoffe verbraucht wurden; und daß im ersten Fall ein größerer Rest als im zweiten blieb, ist ebenso erklärlich, da die zweite Pflanze der ersten in der Entwicklung voraus ist.

1) Vgl. Müller-Thurgau, Beitrag zur Erklärung der Ruheperioden der Pflanzen (Landw. Jahrb. 1885, p. 851 ff.).

Auffällig ist nur, daß bei Beginn des Austreibens mehr Glykose verbraucht war und im zweiten Versuch fast gar kein nicht reduzierender Zucker gefunden wurde. Es scheint demnach nicht unmöglich, daß zur Zeit des Austreibens doch nur die Glykose als Transportzucker verwandt wird; und die Pflanze muß demnach über Regulationsmittel verfügen, um den an sich diosmierenden, nicht reduzierenden Zucker zurückzuhalten. Da in der Zwiebel, die sich im Anfangsstadium des Austreibens befand, immerhin noch 2,5% nicht reduzierenden Zuckers nachgewiesen wurden, ist nicht anzunehmen, daß gegen Ende der Ruheperiode der ganze Inhalt der Zwiebel in Glykose übergeht, vielmehr scheint es wahrscheinlicher, daß der Umwandlungsprozeß sukzessive erfolgt nach Maßgabe des Verbrauchs. Wenn das der Fall ist, so müßte im Keimungsstadium das Verhältnis der beiden Zuckerarten sowohl wie der Prozentgehalt an Gesamtzucker in den verschiedenen Zwiebelschuppen voneinander abweichen. Das ließe sich allerdings nur durch quantitative Bestimmungen ermitteln; plasmolytische Untersuchungen, die bequemer anzustellen wären, geben uns keinen Aufschluß, da der Turgor, der infolge der Abnahme der Gesamtzuckermenge sinken müßte, durch die Umwandlung der nicht reduzierenden Zuckerarten in Glykose wieder ausgeglichen werden kann.

Übrigens zwingen uns die Resultate dieser beiden Analysen nicht ohne weiteres zu der Annahme, daß — trotz des Übergewichtes des nicht reduzierenden Zuckers in den untersuchten Außenlösungen — die Glykose als Transportzucker Verwendung findet. Gegen die Möglichkeit des umgekehrten Prozesses — Neubildung nicht reduzierenden Zuckers für den Transport — lassen sich ebensowenig Beweise anführen wie für die uns geläufige Vorstellung, daß in jedem Falle Traubenzucker leichter diosmiert als höher molekulare Zuckerarten.

Die nach dem Aufenthalt bei 33° C. analysierte Zwiebel enthielt 1,7% Glykose und 6,3% nicht reduzierenden Zucker, also zusammen 8% Zucker. Wenn nun auch dieser hohe Gehalt auf einer individuellen Eigentümlichkeit beruhen konnte, so war es denkbar, daß durch eine zu lange Inversion eine Veränderung irgend welcher Stoffe eingetreten war, wodurch die reduzierenden Körper eine Vermehrung erfuhren. — Wie nachstehende Versuche zeigen, kann das in der Tat der Fall sein; die Analyse ergab Unterschiede von über 2%, wenn die für Saccharosebestimmungen vorgeschriebene Inversionszeit überschritten wurde.

Zur Analyse wurden 20 g Zwiebeln in bereits bekannter Weise behandelt und das Filtrat $\frac{1}{2}$, 1, $1\frac{1}{2}$ und 2 Stunden lang mit Salzsäure invertiert. In je 50 ccm wurden gefunden:

nach	$\frac{1}{2}$ stündiger	Inversion	0,4250	Cu = ca. 6,4	% Gesamtzucker
"	1	"	0,5950	" = "	8,93 "
"	$1\frac{1}{2}$	"	0,5975	" = "	8,96 "
"	2	"	0,5670	" = "	8,50 "

Außer den gelösten Zuckerarten enthält also die Zwiebel noch Substanzen, die bei längerer Inversion reduzierende Stoffe abspalten. Vermutlich ist der in den Zwiebeln vorhandene Schleim eine solche Substanz. Nach von Lippmann¹⁾ enthalten Pflanzenschleime Galaktane, „deren Hydrolyse teils Galaktosen allein, teils Galaktose neben anderen Zuckerarten und Kohlehydraten ergibt.“ Ferner sind in der Zwiebel Pentosane enthalten, die reduzierende Pentosen liefern. Ob derartige Stoffe bei der Zwiebel für den Zuckeraustausch eine Rolle spielen, ist ebensowenig bekannt, wie ihre Bedeutung für den Stoffwechsel überhaupt. Daß sie aber imstande sind, die reduzierenden Stoffe, resp. Zuckerarten um über 2% zu vermehren, beweist wenigstens, daß sie an dem Stoffaustausch und -umsatz beteiligt sein können. Wenn für eine extravitale Umwandlung auch ein längeres Kochen mit Salzsäure erforderlich ist, so schließt das natürlich nicht aus, daß im lebenden Organismus die Spaltung auf andere Weise erzielt wird.

Für den Nachweis in die Außenlösung exosmierter Zuckerarten kommt der Schleimgehalt als störend nicht in Betracht, da für kolloidale Körper das Plasma gar nicht oder nur in minimalen Mengen permeabel ist. Wir dürfen darum annehmen, daß die in der Außenlösung gefundenen reduzierenden und invertierbaren Zuckerarten als solche diosmiert sind und nicht etwa zum Teil nachträglich bei der Inversion einem Umsatz schleimiger Substanzen oder dergleichen zuzuschreiben sind.

II. Plasmolytische Versuche.

a) *Allium Cepa*.

Werden Schnitte der Zwiebel in eine Salzlösung gelegt und darin 24 Stunden belassen, so findet man, daß der Turgor der

1) a. a. O., p. 688.

Zellen nicht gesunken ist, während Schnitte, die in Wasser liegen, nach 24 Stunden einen Turgorabfall zeigen. Die Außenlösung reduziert Fehlingsche Lösung und zwar die Salzlösung geringer als das Wasser. Dieser Versuch bestätigte die Puriewitsche¹⁾ Beobachtung, daß Salzlösungen den Zuckeraustritt aus isolierten Maisendospermen hemmen, auch für die Zwiebel und bildete den Ausgangspunkt für meine Untersuchungen.

So bequem nun auch die plasmolytische Methode für manche Zwecke zu handhaben ist, besonders dann, wenn es sich um ein Objekt handelt, an dem die Plasmolyse ohne Schwierigkeiten zu beobachten ist, so war es — wie oben erwähnt wurde — für unsere Untersuchungen nicht möglich, mit dieser Methode auszukommen. Hingegen gaben die plasmolytischen Untersuchungen uns in mancher Hinsicht eine Bestätigung der quantitativen Untersuchungen und andererseits konnten manche Ergebnisse der plasmolytischen Untersuchungen erst durch die Analysenbefunde richtig verstanden werden.

Für die Untersuchung wurden mehrere Zellagen dicke Längsschnitte verwandt, die in ca. 200 ccm Wasser oder Salzlösung gelegt wurden. Längsschnitte wurden aus dem Grunde gewählt, weil die Zellen der Zwiebelschuppen nicht isodiametrisch, sondern etwas gestreckt sind in der Längsrichtung des Blattes. — De Vries²⁾ weist darauf hin, daß für vergleichende plasmolytische Untersuchungen nur Gewebestücke benutzt werden sollen, deren Zellen möglichst gleich groß sind und gleichen Turgor haben. Diese Forderung ließ sich für unsere Objekte nur in bedingtem Maße erfüllen, da in einer Zwiebelschuppe die Zellen in der Richtung der äußeren Epidermis immer kleiner werden und oft recht verschieden auf plasmolisierende Lösungen reagierten. Infolge dessen wurden die Epidermiszellen und die in der Nähe der Gefäßbündel liegenden Zellen beim Vergleich der Schnitte ganz außer acht gelassen, da sie einen weit geringeren osmotischen Druck zeigten als die Hauptmasse des Grundgewebes. Aber auch die großlumigeren Zellen des letzteren, das zwischen Gefäßbündel und Epidermis der Innenseite liegt, zeigten oft recht starke Schwankungen in ihrem Turgorwert. Als plasmolytische Grenzlösung wurde darum diejenige Lösung angenommen, die eine deutliche Plasmolyse in mindestens der Hälfte aller in

1) a. a. O., p. 36 ff.

2) Eine Methode zur Analyse der Turgorkraft (Jahrb. f. wiss. Botan., Bd. XIV, 1884, p. 443).

Betracht kommenden Zellen hervorrief. Wenn in den Tabellen also zB. steht: Plasmolyse zwischen 0,4 und 0,3 mol. KNO_3 -Lösung, so bedeutet das, daß bei 0,3 Mol KNO_3 keine Plasmolyse eintrat, während eine 0,4 molek. Lösung mindestens die Hälfte aller Zellen deutlich plasmolysierte. De Vries¹⁾ hat in solchen Fällen das Mittel aus beiden Zahlen als Grenzlösung angenommen, während er sonst diejenige Konzentration als Grenzlösung bezeichnet, die eine eben beginnende Plasmolyse in allen Zellen bewirkt.

Wie aus den Tabellen hervorgeht, entspricht der Turgor frisch untersuchter Zellen in den meisten Fällen einer ca. 3,5%igen KNO_3 -Lösung; nach dem Aufenthalt in Wasser sinkt der Turgor fast niemals bis auf einen Salpeterwert von 2%. Wenn wir nun annehmen, daß die Turgorverminderung darauf beruht, daß der Zucker des Zellsaftes in die Außenlösung diosmiert, so bleibt an osmotisch wirksamer Substanz in der Zelle immer noch soviel zurück, als einer 2,5%igen KNO_3 -Lösung entspricht. Da einige vergleichsweise angestellten Versuche zeigen, daß auch nach einem zweitägigen Aufenthalt der Schnitte in Wasser keine weitere Turgorabnahme zu beobachten ist, dürfen wir annehmen, daß innerhalb der Versuchsdauer der überhaupt mögliche Austausch vollzogen ist, denn bei den Dimensionen der Schnitte ist nicht anzunehmen, daß bei längerem Aufenthalt in Wasser oder Salzlösung an dem Resultat etwas wesentliches geändert würde.

Da die Wassermenge im Vergleich zu der Masse des Objektes eine sehr reichlich bemessene ist, dürfen wir es für ausgeschlossen halten, daß durch die Diffusion in der Außenlösung eine dem Zellinnern entsprechende Konzentration erreicht ist, die eine weitere Exosmose unmöglich machte.

Es fragt sich nun zunächst, was in die Außenlösung dringt. Wir wissen aus den quantitativen Bestimmungen, daß ca. 3% Glykose und 3% einer anderen nicht reduzierenden Zuckerart in der Zwiebel vorhanden sind und wir wissen ferner, daß die Außenlösung Fehlingsche Lösung reduziert. — Eine einfache Rechnung zeigt nun, daß die 6% Gesamtzucker etwa einer 1%igen Salpeterlösung isotonisch sind, wenn wir der Rechnung gleiche Teile Glykose und der anderen Zuckerart zugrunde legen. Befinden sich also die Zuckerarten in gelöster und diosmierender Form in der Zwiebelzelle, so müßte, da der Turgor sich nach dem Aufenthalt der Zellen

in Wasser um einen Wert von 1% KNO_3 vermindert hat, nahezu aller Zucker exosmiert sein, und die in der Zelle zurückbleibenden osmotisch wirksamen Stoffe müßten, zwar in gelöster Form, andere nicht diosmierende Substanzen sein. Nun finden wir aber, daß die Schnitte nach sorgfältigem Abwaschen immer noch eine starke Reaktion mit Fehlingscher Lösung geben, was beweist, daß der Zucker nicht aus den Zellen verschwunden ist. Daß infolge des Aufkochens etwa Schleim oder ähnliches in reduzierende Substanz verwandelt würde, ist nicht anzunehmen, da, wie wir nachgewiesen haben, hierzu eine längere Inversion nötig ist.

Jedenfalls können wir aus den Versuchsergebnissen folgern, daß nicht aller Zucker aus den Zellen in die Außenlösung gelangte; der in der Zelle verbleibende Zucker muß demnach in einer nicht diosmierenden Form vorhanden sein, oder die Durchlässigkeit der Plasmahaut hat sich geändert. — Da also die Exosmose nicht bis zur Entleerung der Zwiebel weiter geht, bestätigen die Versuche die aus den Analysenbefunden gezogenen Schlüsse, daß nämlich nach Herstellung einer bestimmten Innenkonzentration keine weitere Exosmose erfolgt; letztere wird also nicht sistiert durch eine gewisse Konzentration der Außenlösung.

Überblicken wir nun die mit Salzlösungen angestellten Versuche, so finden wir in den meisten Fällen, daß der Turgor nicht sinkt, sondern daß er auf dem für frische Schnitte gefundenen Werte stehen bleibt. Daß sich die geringe Menge des in der Außenlösung befindlichen Zuckers nicht durch Sinken des Turgors bemerklich macht, beruht offenbar nur auf dem angewandten Verfahren, mit plasmolytischen Lösungen zu arbeiten, die unter sich um verhältnismäßig große Werte (1% KNO_3) schwanken. Viel genauere Untersuchungen ließen sich aber wegen des ungleichmäßig reagierenden Objektes nicht anstellen und um brauchbare Vergleichswerte zu erhalten, genügte die Methode.

Bei den quantitativen Analysen mußte ich mich mit der Untersuchung weniger Konzentrationen begnügen und konnte nur eine beschränkte Anzahl von Salzen auf ihre Wirksamkeit prüfen. Mit Hilfe der plasmolytischen Methode ließen sich indessen ohne großen Zeitaufwand die Versuche etwas weiter ausdehnen; so kamen zur Anwendung als Außenlösung außer KNO_3 noch KCl , NH_4Cl , NaCl , CaCl_2 , K_2SO_4 und ameisensaures Na. Mit Ausnahme eines Versuches mit einer 2% igen NH_4Cl -Lösung (Vers. XVII, s. Tabelle), in welchem der Turgor sank, blieb bei allen anderen Lösungen der

Turgorwert derselbe, wie zu Anfang des Versuches. Dem negativen Resultat mit der 2%igen NH_4Cl -Lösung ist keine weitere Bedeutung beizumessen, da eine 1%ige und 0,5%ige Lösung desselben Salzes keinen Abfall hervorrief. Die gleiche Wirkung wie die Salzlösungen hatten eine 1%ige und 10%ige Rohrzuckerlösung; Traubenzucker wirkte rasch schädlich auf die Schnitte, ebenso wie Rohrzucker bei längerem Stehen, wohl infolge von Bakterienentwicklung.

In den Versuchen XXI—XXV ist als Salpeterwert für den Turgor frischer Schnitte 0,5—0,4 Mol KNO_3 pro Liter angegeben. Die in Salzlösungen gelegten Schnitte zeigen eine Turgorsenkung von 1% KNO_3 -Wert und die in Wasser einen Abfall von 2% KNO_3 . Es ist nun nicht anzunehmen, daß in diesen Versuchen soviel mehr an osmotisch wirksamer Substanz in die Außenlösung gelangt sein sollte, wie in den übrigen Versuchen. — Der größere Turgorwert zu Anfang hängt möglicherweise mit der Temperatur zusammen. (Diese Versuche wurden vom 4. bis 16. Dezember angestellt.) Es ist bekannt, daß bei niedriger Temperatur der Turgor steigt¹⁾, und zwar scheint das darauf zu beruhen, daß selbstregulatorisch osmotisch wirksame Stoffe, die dem der betreffenden Temperatur angepaßten Gleichgewichtszustand entsprechen, gebildet werden²⁾.

Allerdings steht ein durch Temperaturerniedrigung bewirkter Umsatz in Widerspruch zu der Analyse der im Eisschrank gehaltenen Zwiebel, deren Zusammensetzung, was den Zucker angeht, keine andere war, als die bei 12° C. aufgehobene. Daß überhaupt eine Turgorregulation ohne Schwierigkeit bewerkstelligt werden kann, ist bei der Höhe des Prozentsatzes an höhermolekularem Zucker anzunehmen. Vielleicht spielen ja auch in Fällen, wie den angeführten, die Galaktane und Pentosane eine Rolle; doch sind das natürlich lediglich Vermutungen und eine nähere Einsicht in diese Verhältnisse wird erst nach weiteren hierauf gerichteten Untersuchungen gewonnen werden können. — Daß übrigens gelegentlich eine Turgorerhöhung bewirkt werden kann, zeigt der Versuch XX; wir finden da plötzlich nach sechsstündiger Einwirkung einer hypotonischen Salzlösung einen Salpeterwert von über 0,4 Mol, während das frisch untersuchte Material durch eine 0,4 mol. Lösung plasmolysiert wurde.

1) Copeland, Einfluß von Licht und Temperatur auf den Turgor. Dissert. Halle 1896.

2) Pfeffer, Physiologie 2. Aufl., I., p. 514. — Vgl. Müller-Thurgau, a. a. O.

Wenn wir eine Turgorsteigerung annehmen, die in keiner Beziehung zu den exosmierten Kohlehydraten steht, so muß zu Anfang oder während des Versuches eine Rückregulation stattfinden, die unabhängig von der Exosmose verläuft. Vielleicht würden in kurzen Intervallen ausgeführte plasmolytische Untersuchungen darüber Auskunft geben.

Da die Konzentrationen der bisher angewandten Salzlösungen zwischen 0,2 und 0,05 Mol pro Liter (entsprechend einer 2 bis 0,5%igen KNO_3 -Lösung) schwankten, und da sie alle in gleicher Weise den Zuckeraustritt hemmten, war es von Interesse, den Grenzwert festzustellen, bei dem noch eine Hemmung erfolgt. Die Versuche XXV und XXVI geben uns darüber Aufschluß; wir sehen, daß noch bei Anwendung einer 0,04 mol. KCl-Lösung und der isotonischen KNO_3 -Lösung (ca. 0,4%) eine Reaktion erfolgt. Selbst eine 0,02 mol. KNO_3 -Lösung ist noch nicht ganz wirkungslos; obwohl zwar alle Zellen durch 3% KNO_3 -Lösung plasmolysiert wurden, war die Plasmolyse bei den in Wasser gelegenen Schnitten deutlich stärker. — Wir haben nach diesen Resultaten wohl das Recht, anzunehmen, daß auch die Zuckerdiosmose gehemmt wird, obgleich keine vergleichenden Untersuchungen angestellt wurden. Ist diese Annahme richtig, so beweisen uns auch die letzten Versuche wieder, daß die Exosmose nicht deswegen sistiert wird, weil in der Außenlösung eine Konzentration erreicht wird, die etwa derjenigen des Zellsaftes annähernd isotonisch wäre.

Wir haben die angestellten plasmolytischen Versuche stets in Beziehung zu den durch die quantitative Analyse gewonnenen Ergebnissen gebracht und sind zu übereinstimmenden Resultaten gelangt. Und zwar wurde bei Beurteilung der durch die plasmolytische Methode gewonnenen Resultate der Turgor mit dem osmotischen Druck identifiziert; wenn nun auch diese Gleichstellung für manche Fälle bedenklich erscheint, wie Pantanelli¹⁾ eingehend erörtert, so können wir nach Angabe desselben Autors bei höheren Pflanzen im allgemeinen auf eine Analyse der Turgorkraft verzichten, da der durch die kryoskopische Methode gefundene Wert des osmotischen Druckes mit dem durch die plasmolytische Methode ermittelten Turgorwert annähernd übereinstimmt. Dehnung der Membran und Quellungsdruck des Plasma kommen für höhere Pflanzen im wesent-

1) Zur Kenntnis der Turgorregulationen bei Schimmelpilzen (Jahrb. f. wiss. Botan., Bd. XXXIX, 1904, p. 309).

lichen nur dann in Frage, wenn es sich um embryonale Gewebe und um anormale Verhältnisse handelt.

Sämtliche Versuche wurden bei Zimmertemperatur angestellt, da sich herausstellte, daß bei Schnitten, die im Eisschrank gestanden hatten, kein Unterschied in bezug auf den plasmolytischen Grenzwert bemerkbar war; ebenso sank der Turgor bei 33° C. nicht tiefer als bei 17°. Diese Empfindungslosigkeit gegen Temperaturunterschiede, die im Widerspruch zu den Resultaten der quantitativen Analyse steht, erklärt sich offenbar aus der etwas groben Methode. Würden Lösungen geringerer Konzentrationsunterschiede für die plasmolytischen Untersuchungen zur Anwendung gekommen sein, so hätte man wahrscheinlich einen kleinen Ausschlag beobachten können. -- Ein Aufenthalt der Objekte im Eisschrank aus Gründen der Konservierung war unnötig, da ein Versuch durchweg nicht über 24 Stunden ausgedehnt wurde und verhältnismäßig wenig Schnitte in relativ großen Wassermengen lagen.

b) *Beta vulgaris*. — Rote Rübe und gelbe Futterrübe.

Im Anschluß an die plasmolytischen Untersuchungen an der Zwiebel wurden vergleichsweise einige Versuche mit Rüben angestellt, die sich im wesentlichen genau so verhielten, wie die Zwiebeln: Abnahme des Turgors beim Liegen im Wasser und keine Turgorsenkung in Salzlösungen. Da keine systematisch angestellten chemischen Analysen zum Vergleich mit den plasmolytischen Befunden herangezogen werden konnten, so würde der Hinweis auf die Übereinstimmung mit den bei Zwiebeln gefundenen Resultaten als Ergänzung zu den bisherigen Mitteilungen genügen. — Indessen möchte ich einige Beobachtungen anführen, die eine weitere Untersuchung der Turgorregulationen wünschenswert erscheinen lassen.

Gelegentlich stellte ich Zwiebel- und Rübenschnitte im Keller unter die Wasserleitung, um die möglichen Nachteile, die ein längerer Aufenthalt in einem Gefäß mit demselben Wasser für die Schnitte haben könnte, auszuschalten. Während nun die Zwiebelzellen den gleichen Turgorrückgang wie in stehendem Wasser zeigten, konnte man an den Rübenzellen beobachten, daß infolge der Berührung mit fließendem Wasser der Turgor nicht nur nicht abnimmt, sondern vielfach sogar über den anfänglichen Wert hinaus steigt, wie nachstehende Beispiele zeigen mögen.

Rote Rübe.

29. V. 03. Turgor frischer Zellen = 0,6—0,5 mol. KNO_3 -Lösung, Schnitte unter fließendes Leitungswasser gebracht.

nach 1 Tag	Plasmolyse zwischen	0,6—0,5 Mol KNO_3		
„ 2 Tagen	„	„	1,0—0,9	„
„ 3	„	„	0,8—0,7	„
„ 4	„	„	0,8—0,7	„

9. VI. 03. Turgor frischer Zellen = 0,7—0,6 mol. KNO_3 -Lösung. Schnitte in ca. 400 ccm stehendes Leitungswasser gelegt.

nach 1 Tag	Plasmolyse zwischen	0,5—0,4 Mol KNO_3		
„ 2 Tagen	„	„	0,5—0,4	„
„ 3	„	„	0,5—0,4	„
„ 4	„	„	0,5—0,4	„
„ 5	„	„	0,5—0,4	„
„ 6	„	vereinzelt bei	0,4	„

20. VI. 03. Turgor frischer Zellen = 0,6—0,5 mol. KNO_3 -Lösung. Schnitte unter fließendes Wasser gebracht.

nach 1 Tag	Plasmolyse zwischen	0,7—0,6 Mol KNO_3		
„ 2 Tagen	„	„	0,8—0,7	„

Ein Teil der Schnitte wird in stehendes Wasser übertragen.

nach 3 Tagen (fließend. Wasser)	Plasmol. zw.	0,9—0,8 Mol KNO_3		
(stehend. „)	„	„	0,6—0,5	„
nach 4 Tagen (fließend. „)	„	in 1,0, 0,9, 0,8 Mol KNO_3		
		einzelner Zellen		
(stehend. „)	„	zw. 0,4—0,3 Mol KNO_3		

Futterrübe.

In fließendem Wasser steigt der Turgor nur ausnahmsweise; meistens behalten die Zellen den Wert bei, der an frisch untersuchtem Material gefunden wurde, während beim Liegen in stehendem Wasser eine deutliche Turgorabnahme zu konstatieren war.

Es fragte sich nun, wodurch sich dies sonderbare Verhalten, für das kein Analogon bekannt ist, erklären läßt. Da von vornherein kein Anhaltspunkt gegeben ist, blieb nichts anderes übrig, als gewissermaßen eine Analyse der Eigenschaften des fließenden Leitungswassers vorzunehmen. — Eine konservierende Wirkung war

ausgeschlossen, da leicht nachzuweisen war, daß die in stehendem Wasser liegenden Schnitte während der Versuchsdauer keinen Schaden erlitten; und selbst, wenn die an der Oberfläche liegenden Zellen zum Teil zugrunde gegangen wären, so müßten die intakten Zellen sich ebenso wie bei Berührung mit fließendem Wasser verhalten. — Um den Temperaturunterschied auszuschalten, wurden die Schnitte in stehendem Wasser bei gleicher Temperatur gehalten. — Sollte die Menge des die Schnitte umspülenden Wassers von Bedeutung sein, so mußten Versuche mit größeren oder geringeren Flüssigkeitsmengen verschiedene Resultate liefern. — Es war ferner denkbar, daß durch die ständige Bewegung der Schnitte in dem fließenden Wasser ein Reiz auf das Plasma ausgeübt würde; es wurde daher stehendes Wasser mit einer Anzahl Schnitten in einer großen Schale durch eine für diesen Zweck konstruierte kleine Turbine in ständiger Bewegung gehalten oder ein Glas wurde an einem großen Pendel befestigt, wodurch gleichfalls die in dem Glase befindlichen Schnitte in Bewegung gehalten wurden. — Es mußte festgestellt werden, ob die Schnelligkeit des Ausfließens von Bedeutung sein konnte; daher ließ ich einmal das Wasser tropfenweise, das andere Mal in einem dicken Strahl zufließen. — Um die Wirkung des Sauerstoffs, der den Schnitten im fließenden Wasser natürlich in reichlicherem Maße zu Gebote stand, zu beobachten, ließ ich mit Hilfe eines Stummerschen Aspirators ständig Luft durch ein Gefäß streichen, in dem eine Anzahl Schnitte lagen. Oder es wurde Sauerstoff in ein abgeschlossenes Gefäß mit Wasser geleitet; hier lagen die Schnitte ruhig im Wasser, während durch die Aspiratortätigkeit die Schnitte sich unausgesetzt bewegten.

Schließlich war noch der Eisengehalt des Leipziger Wassers zu berücksichtigen. Schon nach wenigen Tagen bedeckte sich die Gaze, mit der die Steinachsche Siebdose, in welcher sich die Schnitte befanden, verschlossen war, um ein Wegschwimmen der Objekte zu verhindern, mit einer Schicht von Eisenhydroxyd. Um im stehenden Wasser diese Verhältnisse nachzuahmen, wurden ein paar Nägel mit Gaze umwickelt und in das Glas mit den Schnitten gehängt.

Wie ein Blick auf die nachstehende kleine Tabelle lehrt, waren alle Bemühungen, eine Ursache für die bei Anwendung des fließenden Wassers beobachteten Erscheinungen zu finden, leider vergeblich, und wir müssen uns einstweilen mit der Konstatierung der Tatsache begnügen.

Datum	Salpeterwert frischer Schnitte (1 Mol K NO ₃ pro Liter = 1,01%)	Außenlösung	Plasmolytische Grenzlösung (Mol. KNO ₃ -Lösungen) nach Tagen					
			1	2	3	4	5	6
5. VI. 03	0,6—0,5	stehend. Wasser . . .	0,4—0,3	—	0,4—0,3	0,4—0,3	0,3—0,2	0,3—0,2
11. VI. 03	0,6—0,5	fließend. Wasser . . .	0,6—0,5	0,6—0,5	—	0,6—0,5	—	—
		stehend. Wasser (2 Liter in flacher Schale)	0,4—0,3	0,4—0,3	—	0,4—0,3	—	—
		stehendes Wasser (500 ccm in weit- halsigem Glase) . . .	0,4—0,3	0,4—0,3	—	0,4—0,3	—	—
13. VI. 03	0,6—0,5	fließendes Wasser . .	—	0,6—0,5	0,6—0,5	0,6—0,5	—	0,6—0,5
		stehendes Wasser . .	—	0,4—0,3	0,4—0,3	0,4—0,3	—	0,4—0,3
19. VI. 03	0,6—0,5	fließendes Wasser 12,6° C.	0,6—0,5	—	0,6—0,5	—	—	—
		stehendes Wasser (150 ccm) 12,6° C. .	0,4—0,3	—	0,4—0,3	—	—	—
		stehendes Wasser (10 ccm) 18° C. . .	0,4—0,3	—	—	—	—	—
		stehendes Wasser (100 ccm) 18° C. . .	0,4—0,3	—	—	—	—	—
		stehendes Wasser (2 Liter in offener Schale) 16° C. . . .	0,4—0,3	—	0,4—0,3	—	—	—
		stehendes Wasser (2 Liter in offener Schale mit Rühr- vorrichtung) 16° C.	0,4—0,3	—	0,4—0,3	—	—	—
		stehendes Wasser (400 ccm am Pendel) 16° C.	0,4—0,3	—	0,4—0,3	—	—	—
23. VI. 03	0,6—0,5	fließend. Wasser (rasch fließend) 11° C. . .	0,6—0,5	0,5—0,4	—	—	—	—
		fließendes Wasser tropfenweise 11° C.	0,6—0,5	0,5—0,4	—	—	—	—
		stehendes Wasser . .	0,5—0,4	0,4—0,3	—	—	—	—
		stehendes Wasser (mit Eisen)	0,4—0,3	0,6—0,5	—	—	—	—
		stehendes Wasser (mit Aspirator)	0,4—0,3	0,4—0,3	—	—	—	—
26. VI. 03	0,7—0,6	stehendes Wasser + Sauerstoff	0,4—0,3	0,4—0,3	0,4—0,3	0,5—0,4	—	—

Im allgemeinen reagiert also stehendes Wasser immer gleich; weder die Menge der Außenflüssigkeit, noch die Durchlüftung oder Sauerstoffzufuhr usw. vermögen den Turgorabfall zu verhindern. Gelegentliche Abweichungen kommen allerdings vor und tragen dazu bei, die Vorgänge zu komplizieren. So stieg in dem Versuch mit Sauerstoff am vierten Tage der Turgor um den Wert von 1% KNO_3 und ebenso erreichten die Zellen der Schnitte im Wasser mit den Eisennägeln die ursprüngliche Turgorhöhe am zweiten Tage wieder, nachdem am Tage vorher ein starker Abfall konstatiert werden konnte.

Inwieweit nun der in den Rüben enthaltene Zucker eine Rolle bei der Turgorregulierung spielt, läßt sich aus den Versuchen nicht entnehmen, wahrscheinlich aber keine wesentliche, da der Zucker nur zum geringsten Teil für den hohen Turgorwert verantwortlich zu machen ist. Während die Zuckerrüben durchschnittlich 12% Rohrucker enthalten, konnte ich für die benutzten roten Rüben z. B. nur eine Gesamtzuckermenge von 2% (bezogen auf das Frischgewicht) feststellen, was höchstens 0,5% KNO_3 entsprechen würde.

Zur Analyse wurden 60 g zerschnittener Rübe nach dem Abwaschen mit Wasser auf 300 ccm gebracht und so lange gekocht, bis alle Zellen tot waren und ihren Inhalt an das Wasser abgegeben hatten.

50 ccm des filtrierten Dekoktes wurden invertiert und in bekannter Weise mit Fehlingscher Lösung behandelt. Es ergaben sich 0,4005 g Cu = ca. 2% Zucker.

Zur Kontrolle wurde der kalt ausgepreßte Saft der Rübe auf Zucker untersucht:

aus 5 ccm Preßsaft erhielt ich ohne Inversion 0,0310 g Cu

und nach Inversion mit HCl: 0,2200 g Cu = ca. 2% Zucker.

Wenn nun der Zuckergehalt in den für die plasmolytischen Untersuchungen benutzten Rüben kein höherer war, als der hier ermittelte, so ist ohne weiteres einleuchtend, daß der Abfall des Turgorwertes beim Aufenthalt der Schnitte in Wasser nicht daraus zu erklären ist, daß der Zucker in die Außenlösung exosmiert, da der Turgor um einen Wert von 2% Salpeter fällt, und die Gesamtzuckermenge nur etwa 0,5% KNO_3 entspricht. Außerdem ist ein Nachweis von Zucker im Wasser nicht immer möglich, wenigstens bei der roten Rübe; es exosmiert also sicher bedeutend weniger als bei der Zwiebel. — Möglicherweise hängt die Menge des austretenden Zuckers mit dem Prozentgehalt des in der Rübe vor-

handenen Zuckers zusammen; wenigstens enthielt die Außenflüssigkeit in einem Versuch mit einer Rübe, die süßer schmeckte als die bisher gebrauchten, größere Mengen Zucker. — Für die Frage der Exosmose wäre eine nähere Untersuchung der roten Rübe jedenfalls von Bedeutung, da der rote Farbstoff des Zellsaftes zur Beurteilung des Lebens der Objekte geeigneter ist, als irgend ein anderes Reagens.

Versuche über die Einwirkung von Äther auf den Zuckeraustausch.

Nach den Erfahrungen, die bisher über die Einwirkung von Äther auf Stoffumsatz und -austausch gewonnen wurden, schien es nicht aussichtslos, zu versuchen, ob die Exosmose des Zuckers durch Narkotisieren beeinflusst werden könne. — Puriewitsch¹⁾ konnte zeigen, daß die Entleerung von Endospermen durch Ätherwirkung verhindert wird, und er führt das darauf zurück, daß die Bildung der zum Umsatz der Stärke in Zucker nötigen Diastase sistiert wird. Johannssen²⁾ fand, daß in reifenden Samen die normalerweise stattfindende Zuckerverminderung durch Äther aufgehalten werden kann und daß unter der Nachwirkung der Narkose eine erhebliche Zuckeransammlung nachzuweisen ist; Crocusknollen verlieren unter der direkten Einwirkung des Äthers Zucker und erst unter der Nachwirkung ist auch hier eine deutliche Zunahme zu beobachten. Ferner konnte Pantanelli³⁾ nachweisen, daß bei Schimmelpilzen durch Ätherisierung sowohl die Steigerung wie der Abfall des Turgors und ebenso die Regulation des osmotischen Druckes und der Rückgang der Plasmolyse unter gewissen Bedingungen verzögert wird. — Anderseits wissen wir aber auch, daß die Speicherung der Anilinfarben durch Narkotika nicht beeinflusst wird⁴⁾, und das zeigt uns, daß die Wirkung der Narkotika auf die Vorgänge beim Stoffaustausch keine einheitliche ist. Es wird von Fall zu Fall untersucht werden müssen, ob Äther und andere Narkotika überhaupt von nennenswerter Bedeutung für Stoffaustausch, -speicherung und -wanderung sind und wenn das der Fall ist, wird

1) a. a. O., p. 47.

2) Det kgl. danske Videnskabernes Selskabs Skrifter, nat.-math. afdel., Bd. VIII, Heft 5. Zusammenf. d. Resultate, No. 4.

3) a. a. O., p. 333.

4) Pfeffer, Über Aufnahme von Anilinfarben usw., a. a. O., p. 328.

zu konstatieren sein, ob der Äther direkt den Umsatz usw. beeinflußt oder ob die Permeabilitätsverhältnisse des Plasmas eine Veränderung erfahren.

Meine an Zwiebelschnitten angestellten Versuche führten zu keinem entscheidenden Resultat; manchmal schien es, als ob der Turgor unter Einwirkung des Äthers beim Liegen der Schnitte in Wasser derselbe bliebe wie bei Beginn des Versuches, in anderen Fällen hingegen war kein Einfluß des Äthers zu erkennen. Sehr häufig wurden in den verschieden konzentrierten Lösungen nur einzelne Zellen plasmolysiert, ein Umstand, der leicht zu Täuschungen Anlaß gibt, da die Schnitte einen durchaus gesunden Eindruck machten und völlig turgeszent waren. Um sich davon zu überzeugen, daß die Zellen in der Tat abgestorben sind, ist es nötig, die Schnitte in starke plasmolisierende Lösungen zu bringen; wenn auch hierin nur vereinzelte Zellen plasmolysiert werden, kann man auf Tötung der übrigen schließen. — Es wurden Versuche mit 0,5%, 1% und gelegentlich mit 2% igem Ätherwasser angestellt; während eine 2% ige Lösung stets tödlich wirkte, verhielten sich die schwächeren Lösungen verschieden; gelegentlich wirkt eine halbprozentige Lösung schon schädigend auf die Mehrzahl der Zellen und in anderen Fällen bleiben in 1% iger Ätherlösung alle Zellen lebendig. — Ein paar Beispiele mögen das Gesagte illustrieren:

1. 26. X. 03. Frische Schnitte der Zwiebel werden plasmolysiert durch eine KNO_3 -Lösung, deren Konzentration zwischen 4 und 3% liegt.

Nach einem 24stündigen Aufenthalt in Wasser resp. 1% igem Ätherwasser wurden die Schnitte wieder untersucht.

aus Wasser: Plasmolyse zwischen 3 und 2% KNO_3

aus 1% Äther: „ „ 4 „ 3 „ „

2. 11. VII. 03. Plasmolyse frischer Schnitte zwischen 4—3% KNO_3 . Nach 6 Stunden

aus Wasser: Plasmolyse zwischen 3—2% KNO_3

aus 1% Äther: „ „ 3—2 „ „

3. 28. X. 03. Plasmolyse frischer Schnitte zwischen 4—3% KNO_3 . Nach 24 Stunden

aus Wasser: Plasmolyse zwischen 3—2% KNO_3

aus $\frac{1}{2}$ % Äther: Plasmolyse bei 4%, 3% KNO_3 wenig Zellen

aus 1% „ : „ „ 4 „ 3 „ „ „ „ „

Zur Kontrolle werden die Schnitte in 10% KNO_3 übertragen, auch hier wurden nur wenige Zellen plasmolysiert.

Im Anschluß an diese Versuche möchte ich noch eine quantitative Analyse der Außenlösung anführen, aus der hervorgeht, daß der Äther in der Zwiebelzelle irgend eine nicht näher bestimmte stoffliche Veränderung hervorruft, die schließlich zum Absterben der Schnitte führt oder wenigstens eine Begleiterscheinung des Verfalls ist.

Versuch XII. 17—18° C. Je 30 g Zwiebelschnitzel wurden nach dem Abwaschen gelegt in:

1. 400 ccm 0,5% iges Atherwasser
2. 400 ccm 0,2 mol. KCl-Lösung + 0,5% Ather.

Schon am folgenden Tage opalisierten die Flüssigkeiten ein wenig, was ich anfänglich auf beginnende Bakterienwirkung schob, da die Versuche bei Zimmertemperatur angestellt wurden.

Die in der üblichen Weise ausgeführte Analyse der Kohlehydrate in der Außenflüssigkeit ergab an Gesamtzucker für:

1. nach Inversion mit $\frac{n}{5}$ HCl 51,21% der Innenkonzentration.
2. " " " " 6,9 " " "

Nach dem zweiten Tage waren die Flüssigkeiten etwas trübe; beim Kochen mit Fehlingscher Lösung ballte sich der Kupferoxydulniederschlag zusammen, so daß die Filtration sehr langsam verlief; durch Alkoholzusatz wurde ein etwas rascheres Tempo bewirkt. Die Analyse ergab für:

1. nach Inversion an Gesamtzucker 56,47% der Innenkonzentration
2. " " " " 6,9 " " "

Nach dem dritten Tage entstand beim Kochen mit Fehlingscher Lösung eine zähe, etwas schmierige Masse, besonders in Ätherlösung ohne Salze, so daß an ein Filtrieren überhaupt nicht zu denken war. Der Niederschlag aus der Salzlösung ließ sich mit Hilfe großer Mengen Alkohol auf dem Asbestfilter sammeln und verlor schließlich seine zähe Beschaffenheit.

Nach Inversion wurde bestimmt für:

2. an Gesamtzucker 42,73% der Innenkonzentration.

Daß die zähe Masse nicht etwa infolge der Inversion entstand, geht aus dem gleichen Verhalten der direkt mit Fehlingscher

Lösung behandelten Flüssigkeit hervor; die Glykose wurde ebenfalls für sich allein bestimmt. (Vgl. die Schlußtablelle.)

An den ersten beiden Tagen verlief der Versuch ganz normal; der Atherzusatz hat auf die Zuckerdiosmose keinen Einfluß und scheint lediglich die Objekte zu konservieren; jedenfalls war die Trübung kaum beträchtlicher als in der Salzlösung und viel geringer als in der Regel bei reinem Wasser als Außenlösung. — Die Ursache der Veränderung des Kupferoxydulniederschlags konnte im einzelnen nicht näher ermittelt werden. Es muß sich um eine ätherlösliche Verbindung handeln, die nach der Exosmose durch Wasser oder, wahrscheinlicher, durch das Alkali ausgefällt wird und sich in Alkohol wieder löst. Daß dieser die Filtration erschwerende Körper exosmiert ist und nicht etwa aus Zellen stammt, die durch den Äther getötet waren, scheint mir daraus hervorzugehen, daß während der ersten beiden Tage keine Störung des Zuckeraustritts zu bemerken war; würden nach dem zweiten Tage eine erhebliche Menge Zellen abgestorben sein, so könnte der Zuckergehalt der Außenlösung nicht annähernd konstant geblieben sein. Daß anderseits nach dem dritten Tage eine Beschädigung der Objekte durch den Äther eingetreten ist, zeigt die hohe Konzentration an Zucker in der Salzlösung. — Es mußte auf diese Analyse etwas näher eingegangen werden, weil die unklaren Resultate bei der plasmolytischen Behandlung der Schnitte nach der Ätherisierung vielleicht auf eine größere oder geringere Menge jenes ätherlöslichen Stoffes in den einzelnen Zwiebeln zurückzuführen sind. — Weitere Untersuchungen mit Atherwasser dürften indes zu keinem Resultat — bezüglich der Einwirkung auf den Zuckeraustritt und die Turgorregulation — führen, bevor nicht über die Natur des erwähnten ätherlöslichen Körpers näheres bekannt ist, und andere Objekte sind vielleicht geeigneter, uns darüber Aufschluß zu geben, inwieweit eine Diffusion gelöster Kohlehydrate resp. Zuckerarten durch Äther verhindert oder verzögert werden kann.

Die Bedeutung der Zuckerdiosmose für die Ökologie der Pflanzen.

Wenn es möglich ist, zuckerhaltige Reservestoffbehälter durch die Berührung mit einer genügenden Menge Wassers ganz oder auch nur teilweise zu entleeren, ist die Frage berechtigt, ob Kork und Kutikula einen genügenden Schutz bieten gegen einen Material-

verlust an den feuchten Erdboden. — Daß in der Tat die Kutikula sowohl für Salze, wie für Zuckerarten durchlässig sein kann, hat Joh. K. Göbel¹⁾ nachgewiesen. Eine 5proz. KNO_3 -Lösung drang in 90 Minuten, eine 10proz. Lösung in 30—45 Minuten durch die Kutikula eines *Cynara*-Blattes und erzeugte eine deutliche Plasmolyse in den äußeren Zellagen, ebenso eine 51,3proz. Zuckerlösung nach 2½ Stunden. — Versuche, die ich in dieser Richtung mit Zwiebeln und Rüben anstellte, zeigten, daß ein Verlust an den Boden überhaupt nicht nachzuweisen war, ebenso wenig wie ein Eindringen von KNO_3 , CuSO_4 und HgCl_2 in unverletzte Objekte. Trotz wochenlanger Berührung mit konzentrierten Lösungen vermochten diese drei Salze weder den Korkmantel der Rüben noch die Kutikula der Zwiebel zu durchdringen. Nun ist allerdings das Zwiebelblatt besonders geschützt durch eine Wachsschicht, und wenn es für die Praxis auch bedeutungslos ist, ob nach Entfernung der Wachsschicht ein Eindringen der Außenlösungen beobachtet werden kann, so wurde doch versucht, eine benetzbare Stelle durch Reiben mit einem wollenen Tuch und durch vorsichtige Behandlung mit Äther oder verdünnter Sodalösung herzustellen; das gelang aber nicht, ohne daß die Epidermis verletzt wurde. — Ebensowenig wie von außen nach innen irgend eine Lösung durch Kork oder Kutikula resp. Wachsschicht drang, ebensowenig drang Zucker nach außen. Durch Waschen und Behandlung mit Sublimatlösung sterilisierte Zuckerrüben wurden in vorher sterilisierte, mit ausgewaschenem groben Sand gefüllte Glaszylinder gebracht und ziemlich feucht gehalten. Durch Glasröhren, die an einigen Stellen die Rübe an der Berührung mit dem Sand hinderten, wurde für genügende Durchlüftung gesorgt, die übrigens mehr oder weniger schon durch die Grobkörnigkeit des Sandes garantiert war. Nach ungefähr 14 Tagen wurde der Sand ausgelaugt, das Wasser eingedampft und auf Zucker untersucht, doch mit negativem Resultat. — Um eine eventuelle Abgabe von Zucker durch die unverletzte Zwiebelschale zu beobachten, wurde folgendermaßen verfahren: Eine Zwiebel, die von ihren häutigen braunen Hüllen befreit war, wurde mit einem möglichst breiten Streifen Filtrierpapiers umwickelt, dessen eines Ende in eine Schale mit Wasser ragte und dessen anderes Ende in ein tiefer angebrachtes Gefäß geleitet wurde, dessen Boden mit wenig Wasser bedeckt

1) Über die Durchlässigkeit der Kutikula. Leipz. Dissert. 1903, p. 26, 28.

war. Der Papierstreifen wirkte als Heber und infolgedessen wurde die Zwiebel konstant von einem langsamfließenden Wasserstrom umspült. Auf diese Weise war für genügenden Luftzutritt gesorgt und einem Faulen der Zwiebel vorgebeugt. Das Wasser in dem oberen Gefäß wurde nach Maßgabe des Verbrauchs ergänzt und nach ungefähr 14 Tagen das in dem unteren Gefäße angesammelte Wasser auf Zucker untersucht; Fehlingsche Lösung blieb jedoch vollkommen klar. — Negativ, wie diese beiden Versuche, verlief auch ein dritter, der darauf abzielte, Zucker durch die Wurzeln in das umgebende Wasser abzuleiten. Unter normalen Umständen enthalten die Wurzeln mit Ausnahme der Spitzen, und auch diese nur in geringen Mengen, mikrochemisch kaum nachweisbare Spuren von reduzierendem Zucker; es war aber denkbar, daß durch Hemmung der Transpiration der sich entfaltenden Blätter eine Ableitung des zum Vegetationspunkt strömenden Zuckers durch die Wurzeln zu erzielen war. Im Wasser war jedoch kein Zucker nachzuweisen, ob nun ein Teil der Wurzeln dekapitiert war oder nicht; auch konnte in den verschiedenen Regionen der Wurzeln, die mikrochemisch untersucht wurden, keine Zunahme der Glykose beobachtet werden. — Schließlich wurden noch Versuche mit verletzten Rüben und Zwiebeln angestellt, derart, daß aus den Wunden nichts in die Außenlösung gelangen konnte; es kamen lediglich die intakten Stellen mit feuchtem Sand oder Filtrierpapier in Berührung. Dieser Versuchsanstellung lag die Überlegung zugrunde, daß möglicherweise die Exosmose des Zuckers erst infolge des Wundreizes vor sich gehe, daß also unter diesen Umständen eine Exosmose aus unverletzten Zwiebeln oder Rüben garnicht zu erwarten sei, selbst wenn Kork oder Kutikula durchlässig sein sollte. — Wenn nun auch anzunehmen war, daß Kork und Kutikula für Zucker sich als undurchlässig erweisen werde, da von außen nach innen weder Salpeter-, noch Kupfer- oder Sublimatlösung eindrang, so mußte dieser Versuch doch der Vollständigkeit halber ausgeführt werden. Wenn sich nun auch bei dieser Versuchsanstellung kein Zucker in der Außenlösung nachweisen ließ, so ist damit natürlich die Frage, ob die Möglichkeit der Rohrzuckerexosmose, resp. die Exosmose der nicht reduzierenden Kohlehydrate, von der Verwundung abhängig ist, nicht erledigt, und wird auf direktem Wege auch wohl nicht erledigt werden können, eben wegen der Undurchlässigkeit der Kutikula und der Korkschicht.

Aus den angeführten Versuchen geht hervor, daß in der Tat die Gefahr eines Auslaugens durch das Wasser im Boden nicht existiert, jedenfalls dann nicht, wenn die Zwiebeln und Rüben unverletzt bleiben. Aber auch bei Verletzung besteht keine Gefahr; die Exosmose geht viel zu langsam vor sich, um eine erhebliche Schädigung der Pflanze herbeizuführen, da bei der Rübe eine Wundkorkbildung und bei der Zwiebel eine Resorption der Inhaltsstoffe des verletzten Blattes einem die Pflanze schädigenden Substanzverlust Vorschub leistet. Bei allzugroßer Nässe des Erdbodens tritt natürlich Fäulnis ein, besonders bei der Zwiebel; indessen gelingt es, bei starker Luftfeuchtigkeit die Resorption der Inhaltsstoffe verletzter Zwiebeln durch die inneren, jüngeren Blätter experimentell zu zeigen. Wenn man nach Entfernung der häutigen Schuppen die Epidermis des ersten fleischigen Zwiebelblattes abzieht und die Zwiebel unter einer Glasglocke in feuchter Luft stehen läßt, so beobachtet man ein langsames Dünnerwerden der äußeren fleischigen Schuppe und nach Verlauf einiger Wochen ist sie in ein dünnes braunes Häutchen verwandelt, das die jüngeren Teile eng umschließt. Daß es sich hier nicht um ein einfaches Austrocknen handelt, erkennt man leicht aus dem Vergleich mit einem Blatte, das isoliert während der Versuchsdauer sich selbst überlassen wurde; dieses bleibt viel dicker und nimmt eine hornartige Beschaffenheit an. — Eine derartige Resorption ist bei den Zwiebeln übrigens ein normaler Prozeß; bekanntlich werden bei einer Anzahl Zwiebeln die Laubblätter dadurch zu Reservestoffbehältern, daß die Basis des Blattes anschwillt, indem sie die Assimilate aus den Spitzenteilen anhäuft, und wenn wir von einer Zwiebel die Häute entfernen, so wird meistens das äußere fleischige Blatt allmählich braun und verliert seinen Inhalt an die jüngeren, sodaß nach wenigen Wochen die Zwiebel wieder ihr normales Aussehen erhält. — Ich könnte hier noch eine Reihe anderer Beobachtungen anführen, die für die Biologie der Zwiebelgewächse von Bedeutung sind, doch würde ich damit den Rahmen dieser Untersuchungen überschreiten.

Hier sei nur noch erwähnt, daß selbst dann, wenn wirklich das äußere Zwiebelblatt verfaulen sollte, damit noch keinesfalls eine Gefahr für das Leben der Zwiebel verbunden sein muß, da, wie allgemein bekannt sein dürfte, die jüngeren Teile weit resistenter gegen Infektion durch Fäulnisbakterien sind.

Zusammenfassung und Schluß.

Den Ausgangspunkt unserer Untersuchungen bildete die Beobachtung Puriewitschs, daß durch anorganische Salzlösungen die Entleerung der Maisendosperme gehemmt wird.

Puriewitsch¹⁾ fand, daß sich Salzlösungen wie isotonische Zuckerlösungen verhalten, daß also um so mehr Stärke aufgelöst wird, je verdünnter die Salzlösung ist. Es war nun das nächstliegende, für die Hemmung lediglich die osmotische Leistungsfähigkeit der Außenlösung verantwortlich zu machen; dann aber mußte überhaupt kein Umsatz der Stärke in Zucker erfolgen, wenn als Außenlösung von Anfang an eine iso- oder hypertonsche Lösung zur Anwendung kam. Das scheint aber nicht der Fall zu sein; denn Puriewitsch (a. a. O., p. 39, 40) glaubt, daß die beginnende Plasmolyse „die Hauptrolle in der Hemmung der Entleerung“ spielt. Infolge der Plasmolyse soll sich das Austreten der Auflösungsprodukte verlangsamen und erst infolge der Anhäufung der Auflösungsprodukte tritt eine Einstellung der Diastaseproduktion ein, während Narkotika direkt hemmend auf die Diastasebildung wirken.

Nach Puriewitsch findet also eine Auflösung der Stärke und damit eine Steigerung des osmotischen Druckes im Zellinnern statt; dadurch müßte aber sehr bald die beginnende Plasmolyse wieder ausgeglichen sein, und damit die Ursache der Hemmung in Wegfall kommen. — Daß die Salze in der Außenflüssigkeit nicht die Auflösung der Stärke beeinflussen, schließt Puriewitsch daraus, daß in den Zellen der Lupinenkotyledonen „trotz der Hemmung des Entleerungsprozesses eine große Menge Asparagin“ gefunden wurde (vgl. a. a. O. Vers. 76). — Im übrigen hat auch Puriewitsch (a. a. O., p. 47) selbst gefunden, daß eine Hemmung der Exosmose schon durch verdünntere Lösungen erzielt werden kann; zur Erklärung dieser Erscheinung ist natürlich die beginnende Plasmolyse als Hemmungsfaktor nicht verwendbar; Puriewitsch glaubt in diesem Fall, eine Permeabilitätsänderung des Plasmas annehmen zu müssen, denn — so argumentiert der Autor — ein gegenseitiger Austausch der Außen- und Innenlösung bis zur Erreichung einer physikalischen Gleichgewichtslage kann nicht stattfinden, da sonst bedeutend mehr Stärke gelöst werden müßte, als es in der Tat der

1) a. a. O., p. 37/38.

Fall ist; es wird auch hier nur soviel Stärke gelöst, bis die Zuckerkonzentration im Innern der Zelle eine weitere Diastasebildung ausschließt.

Nachdem sich nun herausgestellt hatte, daß der Zuckeraustritt auch bei der Zwiebel durch Salzlösungen gehemmt wurde, schien es nicht aussichtslos, an diesem Objekt die von Puriewitsch nur beiläufig behandelten Fragen etwas eingehender zu studieren. Die Zwiebel schien besonders deswegen ein geeignetes Objekt zu sein, weil sie nach allgemeiner Annahme zum größten Teil Glykose enthielt. Es fiel also von vornherein der Umsatz von Stärke in Zucker fort und damit erledigte sich gleichzeitig die Frage, ob durch die Salzlösungen direkt oder indirekt die Diastasebildung gehemmt wurde; ferner war nach Puriewitsch die Möglichkeit gegeben, die Zwiebeln vollständig zu entleeren, woraus hervorging, daß wir es nur mit diosmierenden Zellinhaltsstoffen zu tun hatten. Wenn diese Voraussetzungen richtig waren, so blieb nur zu untersuchen, ob die Hemmung abhängig ist von dem osmotischen Druck der Außenlösung, ob also eine Entleerung so lange stattfindet, bis ein Gleichgewicht hergestellt ist. Wäre das nicht der Fall, so hätte man entweder an eine Veränderung der Durchlässigkeitsfähigkeit der Protoplasmahautschicht zu denken oder an eine durch das Salz hervorgerufene, nicht diosmierende Verbindung. Jedenfalls wären die Verhältnisse bei der Zwiebel leichter zu überschauen gewesen, als an anderen Objekten, deren Stoffaustausch an einen mehr oder weniger komplizierten Stoffumsatz gebunden ist.

Wie aber aus den mitgeteilten Untersuchungen hervorgeht, lagen die Dinge nicht so einfach, wie man erwarten sollte. Die Glykose ist, soweit wir es mit der ruhenden Zwiebel zu tun haben, weder der Hauptbestandteil des Zellsaftes, noch exosmiert sie besser und rascher als andere nicht direkt reduzierende Kohlehydrate. Im Gegenteil, wir fanden, daß an reduzierenden und invertierbaren Kohlehydraten etwa gleiche Teile in der Zwiebel vorhanden sind, und daß die nicht reduzierenden Zuckerarten in bei weitem größerer Menge in die Außenlösung diosmierten, sowohl in Salzlösung als in Wasser. Damit war zunächst in Frage gestellt, ob Zwiebeln wirklich bis zur Erschöpfung entleert werden können, da Puriewitsch bei seinen Versuchen nur die Glykose berücksichtigt hat. Meine Versuche machen es wahrscheinlich, daß die Entleerung nur eine partielle ist, was besonders aus den Versuchen mit verschieden großen Wassermengen hervorgeht. — Die mit

Salzlösungen angestellten Versuche unterscheiden sich von den vorigen dadurch, daß die Gesamtmenge des exosmierten Zuckers eine bedeutend geringere ist, als wenn die Schnitte in Wasser liegen; aber das Verhältnis zwischen Glykose und nicht reduzierendem Zucker bleibt nach wie vor dasselbe, sodaß, bei den oft sehr geringen Mengen Glykose, die Frage diskutiert werden mußte, ob überhaupt Glykose in die Außenflüssigkeit dringt und ob ihre Gegenwart nicht etwa auf einen analytischen Fehler oder auf ein Absterben einzelner Zellen zurückzuführen ist. Indessen konnten die Bedenken durch einen Sterilversuch, der deutlich eine Exosmose der Glykose zeigte, und durch eine kritische Untersuchung der angewandten Methodik beseitigt werden. — Leider war es aber nicht möglich, irgend eine Beziehung zu finden zwischen dem Verhältnis der beiden Zuckerarten und irgendwelchen äußeren Umständen. Wie die absoluten Werte des exosmierten Gesamtzuckers in den einzelnen Versuchen starken Schwankungen unterlagen, so schwankte unter den gleichen Bedingungen das Verhältnis zwischen dem exosmierten Traubenzucker und dem nicht reduzierenden Kohlehydrat. Wir müssen daher diese Frage einstweilen unbeantwortet lassen, ebenso wie wir nicht in der Lage sind, festzustellen, weshalb die beiden Zuckerarten nicht in dem Verhältnis in die Außenlösung gelangen, wie sie im Zellsaft vorhanden sind. Es würde allen Erfahrungen widersprechen, wenn wir annehmen wollten, daß die Glykose schwerer exosmierte als nicht reduzierender Zucker, oder daß die Glykose erst in höher molekulare Zuckerarten übergeführt werden müßte, um leichter das Plasma passieren zu können.

Soviel indes steht fest, daß beide Arten Zucker exosmieren können, und es war darum zunächst die Frage zu erledigen, inwieweit die Herstellung einer Gleichgewichtslage zwischen Außenlösung und Zellsaft für die Hemmung in Betracht kam. Die Versuche mit verschiedenen großen Wassermengen zeigten schon, daß es wahrscheinlich bei der Entleerung der Zwiebel garnicht auf die Konzentration der Außenlösung ankommt, daß vielmehr eine bestimmte Innenkonzentration allein maßgebend ist. Das bestätigen auch die Versuche mit Salzlösungen; es konnte durch eine einfache Rechnung gezeigt werden, daß trotz der Hemmung der Exosmose die Konzentration der Außenlösung niedriger ist als diejenige des Zellsaftes. Bei dieser Rechnung wurde ein Eindringen der Salze in die lebendige Zelle berücksichtigt, die in der Tat stattfindet —

wenigstens konnte ich ein Eindringen des Cl-Ions, wie es bereits van Rysselberghe ¹⁾ nachgewiesen hat, beobachten. — Die Zwiebel enthält so gut wie gar kein Cl; behandelt man aber Schnitte, die in einer Chloridlösung gelegen haben, nach gehörigem Abwaschen mit destilliertem Wasser, mit AgNO₃-Lösung, so kann man ganz deutlich beobachten, daß in allen Zellen ein gleichmäßiger Niederschlag von AgCl entstanden ist. — Der Nachweis des Eindringens der Chloride konnte auch durch Titration der Außenlösung geführt werden.

Wenn also, wie wir sahen, die Hemmung des Zuckeraustritts nicht bedingt ist durch eine osmotische Gleichgewichtslage zwischen Außenflüssigkeit und Zellsaft, so fragte sich zunächst, ob nicht doch im Zellsaft eine nicht diosmierende Zuckerart vorhanden sein könnte. Es wurde darauf hingewiesen, daß zur Entscheidung dieser Frage vor allem eine genaue Kenntnis der chemischen Natur aller in der Zwiebel vorhandenen Zuckerarten notwendig ist, damit dieselben einzeln auf ihre Fähigkeit, das Plasma zu passieren, geprüft werden können. Solange derartige Untersuchungen nicht vorliegen, müssen wir uns damit begnügen, auf indirektem Wege die Unwahrscheinlichkeit einer solchen Annahme darzutun. — Handelte es sich um eine Verbindung, die erst durch Umsatz in eine diosmierende Form übergeführt werden müßte, so wäre das an sich noch kein Grund für eine nur partielle Exosmose, wenn Wasser als Außenflüssigkeit benutzt wird. Wir wissen aus Puriewitschs Versuchen, daß die Entleerung stärkehaltiger Reservestoffbehälter vor sich geht, wenn für eine genügende Ableitung des Zuckers gesorgt ist, und bevor nicht das Gegenteil nachgewiesen wird, haben wir keine Veranlassung zu der Annahme, daß bei der Zwiebel, sofern ein Stoffumsatz notwendig ist, dieser nicht eingeleitet werden sollte, wenn für eine Entfernung der exosmierten Stoffe gesorgt ist. Ferner erscheint die Annahme einer dritten Zuckerart ausgeschlossen, weil das eigentümliche Verhalten der beiden diosmierenden Kohlehydrate doch wohl darauf hinweist, daß für die Exosmose andere Faktoren in Betracht kommen als die chemische Konstitution, da sonst, wie bereits bemerkt wurde, die Glykose leichter in die Außenflüssigkeit dringen müßte als die nicht reduzierende Zuckerart. — Nehmen wir also an, daß im Zellsaft keine anderen Verbindungen — soweit es sich um gelöste Kohlehydrate handelt —

1) Van Rysselberghe, Mémoires publ. par l'académ. roy. de Bruxelles, 1899.

vorhanden sind, wie die in die Außenlösung exosmierten, so käme für eine Erklärung der Hemmung durch die Salze eine Verhinderung des Umsatzes nicht mehr in Betracht. Es wäre dann nur noch denkbar, daß die von außen eindringenden Salze mit den Kohlehydraten Verbindungen eingingen, die nicht diosmieren können, oder daß die Salze auf irgend eine Weise die Durchlässigkeit der Plasmahaut verändern. — Was den ersten Fall anbetrifft, so ließen sich darüber genauere Aufschlüsse geben, wenn exaktere Untersuchungen über den osmotischen Druck des Zellinhaltes während der Versuchsdauer vorlägen. Vielleicht wären kryoskopische Untersuchungen in Verbindung mit plasmolytischen und chemischen Methoden zur Klarstellung unserer Frage am geeignetsten. — Indessen dürfen wir auf Grund unserer durch plasmolytische Versuche gewonnenen Resultate immerhin schließen, daß derartige Neubildungen nicht diosmierender Verbindungen unwahrscheinlich sind, weil dadurch aller Voraussicht nach ein Sinken des osmotischen Druckes eintreten würde. Nach unseren Untersuchungen bleibt jedoch der Turgor unter Einwirkung der Salzlösungen stabil und außerdem zeigt die Chlorsilberreaktion, daß in der Tat freie Cl-Ionen im Zellsaft enthalten sind. — Es bleibt also nur übrig, eine Veränderung der Permeabilität des Plasmas für die Hemmung der Zuckerausosmose anzunehmen.

Damit lägen also für den Zuckeraustritt der Zwiebel die Verhältnisse ähnlich wie in dem von Nathansohn¹⁾ untersuchten Fall des Chloridaustritts aus *Codium*; allerdings gelang es mir nicht, nachzuweisen, daß der Zuckeraustritt durch irgend eine Substanz der Außenlösung, resp. durch deren wechselnde Konzentration reguliert werden kann. Vielmehr schien die Konzentration der Außenlösung ohne irgendwelchen Einfluß auf die Menge des exosmierten Zuckers zu sein. Wir konnten feststellen, daß selbst bei Anwendung sehr verdünnter Salzlösungen kein Sinken des Turgors zu beobachten war, also wahrscheinlich auch kein größerer Zuckerverlust wie bei den Versuchen mit stärkeren Lösungen. — Wie wir uns nun eine Veränderung der Permeabilität im einzelnen vorzustellen haben, darüber vermögen die vorliegenden Versuche keinen Aufschluß zu geben; weitere Untersuchungen werden nötig sein, bevor wir zu den bisher in der

1) a. a. O., p. 264 ff.

Literatur¹⁾ behandelten Theorien oder Hypothesen über die Durchlässigkeit der Plasmahaut Stellung nehmen können.

Im fernerem Verlauf der Untersuchungen konnte gezeigt werden, daß die plasmolytische Methode als Ergänzung der quantitativen Bestimmungen brauchbare Resultate lieferte, während plasmolytische Untersuchungen für sich allein betrachtet uns über vieles im Unklaren lassen. Die Versuche mit den Rüben, speziell das eigentümliche, bisher unerklärte Verhalten unter Einwirkung des fließenden Wassers, werden denn auch vermutlich erst durch nähere chemische Analysen für die Kenntnis der Stoffwechselvorgänge verwertbar sein.

Im übrigen konnte konstatiert werden, daß eine Temperaturerniedrigung eine Verminderung der Exosmose zur Folge hat, daß Versuche mit Äther einen unregelmäßigen Verlauf nahmen aus Gründen, die in dem betreffenden Abschnitt angedeutet wurden, und daß den anorganischen Salzen bei bestimmter Konzentration eine weitgehende konservierende Wirkung zukommt, die in methodischer Hinsicht von Wert ist. — Schließlich wurde nachgewiesen, daß trotz der Möglichkeit einer Diffusion eines großen Teiles der Inhaltsstoffe der Rüben und Zwiebeln eine Auslaugung des Zuckers durch die Bodenfeuchtigkeit ausgeschlossen ist, selbst wenn die Objekte verwundet sind.

Die hier mitgeteilten Untersuchungen wurden im Leipziger botanischen Institut ausgeführt. Herrn Geheimrat Prof. Dr. Pfeffer bitte ich, für die mir zur Verfügung gestellten Institutsmittel und für die vielseitige, meinen Arbeiten förderliche Anregung meinen verbindlichsten Dank entgegennehmen zu wollen.

1) Vgl. zB. Nathansohn, a. a. O., ferner: Über die Regulation der Aufnahme anorgan. Salze usw. (Jahrb. f. wiss. Botan., Bd. XXXIX, p. 638 ff.) und Weitere Mitteilungen über die Regulation usw. (Jahrb. f. wiss. Botan., Bd. XL, p. 403 ff.); Höber und Gordon, Hofmeisters Beiträge V, Heft 9, Juni 1904, und die dort zitierte Literatur.

(Fortsetzung der Tabelle.)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
No.	Beginn des Versuches	Datum der Analyse	Auflösung	Reduz. Kohlehydr. in 50 ccm bestimmt als g Cu	Nicht reduz. Kohle- hydr. nach Inversion in 50 ccm bestimmt als Cu	Gesamte Menge Kohlehydrate in der Auflösung als Cu	Gesamtmenge Kohlehydrate in % d. Innenkonzentrat.	Verhältnis d. redu- zierenden zu nicht reduz. Kohlehydrat.	Bemerkungen
V.	11./1. 04	13./1.	1.	0,2880	—	2,0160	59,0	—	1 u. 5 etwas trübe, 2, 3, 4 ganz klar
			2.	0,0630	—	0,4410	13,3	—	
			3.	0,0290	—	0,2030	6,2	—	
			4.	0,0200	—	0,1400	4,3	—	
			5.	—	—	—	—	—	
		14./1.	1.	0,3255	—	1,9530	65,25	—	1 wird ausgeschal- tet, da zu viele Zellen tot
			2.	0,0720	—	0,4320	14,8	—	
			3.	0,0280	—	0,1680	6,06	—	
			4.	0,0190	—	0,1140	4,14	—	
			5.	0,2025	—	1,2150	36,4	—	
		15./1.	1.	—	—	—	—	—	Die Objekte in der Traubenzucker- lösung sind z. T. zerstört
			2.	0,1070	—	0,5350	19,7	—	
			3.	0,0280	—	0,1400	6,06	—	
			4.	0,0190	—	0,0950	4,14	—	
		16./1.	2.	0,1280	—	0,5120	22,0	—	
			3.	0,0315	—	0,1260	6,46	—	
			4.	0,0185	—	0,0740	4,1	—	
		17./1.	2.	0,1530	—	0,4590	24,1	—	
			3.	0,0305	—	0,0915	6,4	—	
			4.	0,0180	—	0,0540	4,04	—	
		18./1.	2.	0,1765	—	0,3530	25,4	—	
			3.	0,0410	—	0,0820	6,95	—	
			4.	0,0130	—	0,0260	4,32	—	
VI.	16./1. 04	19./1.	Wasser 17—18° steril	0,2780	—	2,2240	52,95	—	35 g Zwiebeln in 400 ccm Wasser Am 19./1. nach Öffnung d. Fla- sche in den Eis- schrank gestellt. Die Flüssigkeit bleibt bis zur Beendigung des Versuchs klar.
		20./1.		0,3005	—	2,1035	56,7	—	
		21./1.		0,3233	—	1,9398	59,96	—	
		22./1.		0,3360	—	1,6800	61,47	—	
		23./1.		0,3540	—	1,4160	62,97	—	
		24./1.		0,3690	—	1,1070	64,25	—	
		25./1.		0,3815	—	0,7630	56,47	—	

(Fortsetzung der Tabelle.)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
No.	Beginn des Versuches	Datum der Analyse	Auflösung	Reduz. Kohlehydr. in 50 cem bestimmt als g Cu	Nicht reduz. Kohle- hydr. nach Inversion in 50 cem bestimmt als Cu	Gesamte Menge Kohlehydrate in der Auflösung als Cu	Gesamtmenge Kohlehydrate in % d. Innenkonzentrat.	Verhältnis d. redu- zierenden zu nicht reduz. Kohlehydrat.	Bemerkungen
VII.	19./1. 04	20./1.	1. Wass. 400 cem	0,0805		0,6440	17,88		Je 30 g Zwiebel- schnitte in 400 cem Flüssigkeit mit Ausnahme v. 2. 30 g in 800 cem 3. 60 g in 400 cem
			2. " 800 "	0,0445		0,7120	19,78		
			3. " 400 "	0,1635		1,3080	18,16		
			4. NaCl 0,2 mol.	0,0170		0,1360	3,78		
			5. KCl 0,2 "	0,0260		0,2080	5,78		
		21./1.	1.	0,1120		0,7840	24,0		
			2.	0,0560		0,8400	24,57		
			3.	0,2080		1,4560	22,5		
			4.	0,0245		0,1715	5,24		
			5.	0,0300		0,2100	6,55		
		22./1.	1.	0,1435		0,8610	29,26		
			2.	0,0760		1,0640	32,35		
			3.	0,2730		1,6380	27,90		
			4.	0,0315		0,1890	6,4		
			5.	0,0285		0,1710	6,3		
		23./1.	1.	0,1705		0,8525	33,0		
			2.	0,0825		1,0725	34,69		
			3.	0,3295		1,6475	31,83		
			4.	0,0255		0,1275	5,57		
			5.	0,0280		0,1400	6,24		
		25./1.	1.	0,2060		0,8240	36,96		
			2.	0,0965		1,1580	39,36		
			3.	0,4000		1,6000	35,75		
			4.	0,0235		0,0940	5,35		
			5.	0,0240		0,0960	5,79		
		26./1.	1.	0,2310		0,6930	39,0		
			2.	0,0990		1,0890	40,13		
			3.	0,4285		1,2855	36,94		
			4.	0,0325		0,0975	6,1		
			5.	0,0225		0,0675	5,67		
		27./1.	2.	0,1020		1,0200	40,96		
		28./1.	2.	0,1060		0,9540	41,96		
		29./1.	2.	0,1095		0,8760	42,74		
		30./1.	2.	0,2095		1,4665	62,0		

(Fortsetzung der Tabelle.)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
No.	Beginn des Versuches	Datum der Analyse	Außenlösung	Reduz. Kohlehydr. in 50 cem bestimmt als % Cu	Nicht reduz. Kohle- hydr. nach Inversion in 50 cem bestimmt als % Cu	Gesamte Menge Kohlehydrate in der Außenlösung als Cu	Gesamtmenge Kohlehydrate in % d. Innenkonzentrat.	Verhältnis d. redu- zierenden zu nicht reduz. Kohlehydrat.	Bemerkungen
VIII.	29./1. 04	30./1.	1. KCl 0,2 mol. + 0,1/400 Traubenzucker	0,0265		0,2120	5,88		Je 30 g Zwiebeln auf 400 g Flüssig- keit. Eisschranttemp. ca. 4—5° C.
			2. KCl 0,2 mol. + 1,0/400 Traubenzucker	0,0190		0,1520	4,2		
			3. KCl 0,2 mol. + 0,05/400 Rohrzucker	0,0280		0,2240	6,23		
			4. KCl 0,2 mol. + 0,5/400 Rohrzucker	0,0255		0,2040	5,67		
	31./1.		1.	0,0300		0,2100	6,57		
			2.	0,0255		0,1785	5,48		
			3.	0,0315		0,2205	6,9		
			4.	0,0275		0,1925	6,0		
		1./2.	1.	0,0270		0,1620	6,1		
			2.	0,0400		0,2400	7,9		
			3.	0,0330		0,1980	7,15		
			4.	0,0225		0,1350	5,2		
	2./2.		1.	0,0390		0,1950	7,7		
			2.	0,0350		0,1750	7,2		
			3.	0,0410		0,2050	8,26		
			4.	0,0330		0,1650	6,67		
	3./2.		1.	0,0385		0,1540	7,67		
			2.	0,0220		0,0880	5,76		
			3.	0,0440		0,1760	8,6		
			4.	0,0425		0,1700	7,7		
IX.	8./2.04	9./2.	1. KNO ₃ 0,2 mol.	0,0200		0,1600	4,45		Je 30g Zwiebel auf 400 cem Flüssigk. Eisschranttemp. ca. 4—5° C.
			2. KNO ₃ 0,2 " + 1% Trau- benzucker	0		0	0		
	10./2.		1.	0,0230		0,1610	5		
			2.	0,0010 in 25 cem		0,0140	0,65		
	11./2.		1.	0,0245		0,1470	5,25		
			2.	0,0046 "		0,0598	1,7		
	12./2.		1.	0,0250		0,1250	5,35		
			2.	—		—	—		

(Fortsetzung der Tabelle.)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
No.	Beginn des Versuches	Datum der Analyse	Außenlösung	Reduz. Kohlehydr. in 50 cem bestimmt als $\frac{g}{g}$ Cu	Nicht reduz. Kohle- hydr. nach Inversion in 50 cem bestimmt als Cu	Gesamte Menge Kohlehydrate in der Außenlösung als Cu	Gesamtmenge Kohlehydrate in % d. Innenkonzentrat.	Verhältnis d. redu- zierenden zu nicht reduz. Kohlehydrat.	Bemerkungen
IX.	8./2. 04	13./2.	1.	0,0330		0,1320	6,24		
			2.	0,0523 in 25 cem		0,5753	16,26		
		14./2.	1.	—		—	—		
			2.	0,0585 „		0,5850	17,98		
		15./2.	1.	0,0400		0,0800	6,63		
			2.	0,1835 in 50 cem		0,8258	26,3		
X.	16./2. 04	17./2.	1. Wasser	0,0370	0,0667	0,8296	23,0	1 : 1,8	Je 30 g Zwiebel in 400 cem Flüssig- keit. Temp. ca. 4—5° C.
			2. KCl 0,2 mol.	0,0023	0,0222	0,1960	5,44	1 : 9,65	
		18./2.	1.	0,0672	0,1133	1,2635	37,0	1 : 1,69	
			2.	0,0020	0,0255	0,1925	6,0	1 : 12,75	
		19./2.	1.	0,0915	0,0580	0,8970	32,81	1 : 0,63	
			2.	0,0030	0,0270	0,1800	6,45	1 : 9,0	
		20./2.	1.	0,1140	0,2240	1,6900	58,99	1 : 2,0	
			2.	0,0010	0,0400	0,2050	7,97	1 : 40,0	
XI.	22./2. 04	23./2.	1. KCl 0,2 mol.	0,0090	0,0235	0,5180	7,35	1 : 2,6	Je 60 g Zwiebel in 800 cem Flüssig- keit. Temp. 4—5° C.
			2. KCl 0,3 „	0,0090	0,0250	0,5440	7,56	1 : 2,8	
			3. KCl 0,4 „	0,0100	0,0165	0,4240	5,88	1 : 1,7	
		24./2.	1.	0,0120	0,0290	0,6150	8,99	1 : 2,4	
			2.	0,0127	0,0298	0,6375	9,3	1 : 2,4	
			3.	0,0125	0,0370	0,7425	10,66	1 : 3,0	
		25./2.	1.	0,0120	0,0285	0,5670	8,9	1 : 2,4	
			2.	0,0125	0,0305	0,6020	9,2	1 : 2,4	
			3.	0,0155	0,0350	0,7070	10,88	1 : 2,3	
		26./2.	1.	0,0140	—	—	—	—	
			2.	0,0135	0,0315	0,5850	9,8	1 : 2,3	
			3.	0,0280	0,0235	0,6695	11,0	1 : 0,84	
		27./2.	1.	0,0110	0,0340	0,5400	9,65	1 : 3,0	
			2.	0,0155	0,0335	0,5880	10,45	1 : 2,2	
			3.	0,0195	0,0444	0,7668	13,12	1 : 2,3	
		28./2.	1.	0,0130	0,0380	0,5610	10,56	1 : 2,9	
			2.	0,0230	0,0370	0,6600	12,13	1 : 1,6	
			3.	0,0200	0,0570	0,8470	15,12	1 : 2,85	
		1./3.	1.	0,0165	0,0450	0,6150	12,0	1 : 2,7	
			2.	0,0185	0,0545	0,7300	13,9	1 : 2,9	
			3.	0,0355	0,0765	1,1200	19,98	1 : 2,2	

(Fortsetzung der Tabelle.)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
No.	Beginn des Versuches	Datum der Analyse	Außenlösung	Reduz. Kohlehydr. in 50 cem bestimmt als g Cu	Nicht reduz. Kohle- hydr. nach Inversion in 50 cem bestimmt als Cu	Gesamte Menge Kohlehydrate in der Außenlösung als Cu	Gesamtmenge Kohlehydrate in % d. Innenkonzentrat.	Verhältnis d. redu- zierenden zu nicht reduz. Kohlehydrat.	Bemerkungen
XII.	5./3. 04	6./3.	1. KCl 0,2 mol.	0,0205	0,0575	0,4680	13,93	1 : 2,8	1. 28 g Zwiebel in 300 cem Flüssig- keit, steril 2. u. 3. Je 30 g Zwiebel in 400 cem Flüssigk. Temperatur 17 bis 18° C. 2. nicht filtrierbar vgl. Text p. 202
			2. 0,5 % Äther	0,0625	0,1680	1,8440	51,21	1 : 2,7	
			3. KCl 0,2 mol. + 0,5 % Äther	0,0040	0,0345	0,3080	6,9	1 : 8,6	
		7./3.	1.	0,0210	0,0585	0,3975	14,15	1 : 2,8	
			2.	0,0845	0,1730	1,8025	56,47	1 : 2,0	
			2.	0,0045	0,0255	0,2100	6,9	1 : 5,7	
		8./3.	1.	0,0195	0,0695	0,3560	15,28	1 : 3,6	
			2.	—	—	—	—	—	
			3.	0,0340	0,2110	1,4700	42,73	1 : 6,2	
		10./3.	1. Wass. 800 cem	0,0015	0,0125	0,2240	6,21	1 : 8,3	
			2. " 400 "	0,0060	0,0170	0,1840	5,1	1 : 2,8	
			3. " 200 "	0,0145	0,0345	0,1960	5,4	1 : 2,4	
		11./3.	1.	0,0020	0,0125	0,2175	6,43	1 : 6,3	
			2.	0,0085	0,0255	0,2380	7,3	1 : 3,0	
			3.	0,0145	0,0425	0,1710	6,1	1 : 2,9	
		12./3.	1.	0,0025	0,0155	0,2520	7,8	1 : 6,2	
			2.	0,0085	0,0305	0,2340	8,0	1 : 3,6	
			3.	0,0190	0,0515	0,1410	6,9	1 : 2,7	
XIII.	9./3. 04	10./3.	1. Wass. 800 cem	0,0015	0,0125	0,2240	6,21	1 : 8,3	Je 30 g Zwiebeln. Eisschranktemp. 4—5° C.
			2. " 400 "	0,0060	0,0170	0,1840	5,1	1 : 2,8	
			3. " 200 "	0,0145	0,0345	0,1960	5,4	1 : 2,4	
		11./3.	1.	0,0020	0,0125	0,2175	6,43	1 : 6,3	
			2.	0,0085	0,0255	0,2380	7,3	1 : 3,0	
			3.	0,0145	0,0425	0,1710	6,1	1 : 2,9	
		12./3.	1.	0,0025	0,0155	0,2520	7,8	1 : 6,2	
			2.	0,0085	0,0305	0,2340	8,0	1 : 3,6	
			3.	0,0190	0,0515	0,1410	6,9	1 : 2,7	

Die Überschriften der einzelnen Spalten machen eine Erklärung der hier mitgeteilten Zahlen überflüssig. Es sei nur erwähnt, daß Wasser stets Leitungswasser bedeutet, daß KCl 0,1 mol. bedeutet, daß in einem Liter 0,1 Grammmolekül gelöst sind. Die Zahlen in der Kolumne 7 sind berechnet, und zwar geben sie an, wieviel Zucker (ausgedrückt in Cu) jedesmal in der Außenflüssigkeit vorhanden war, während bei der Prozentberechnung (Spalte 8) jedesmal der ganze, seit Beginn des Versuches exosmierte Zucker berücksichtigt wurde. Wie im Text schon angegeben wurde, liegt dieser Prozentberechnung die Annahme zugrunde, daß in der Zwiebel 6 % Gesamtzucker enthalten sind.

B. Plasmolytische Untersuchungen.

Allium Cepa.

1 No.	2 Beginn des Versuches	3 Datum d. Untersuchung	4 Außenlösung	5 Plasmolytische Grenzlösung frischer Objekte	6 Plasmolytische Grenzlösung nach Einwirkg. d. Außenlösung	7 Bemerkungen
XIV.	12./11. 03	13./11. 14./11.	1. Wasser 2. KCl $\frac{1}{600}$ 1. 2.	0,4—0,3	0,3—0,2 0,4—0,3 0,3—0,2 0,4—0,3	
XV.	25./11. 03	26./11.	1. KCl 2‰ 2. Wasser 1. 2.	0,4—0,3	0,5—0,4 0,3—0,2 0,5—0,4 0,3—0,2	} nach 5 Stunden
XVI.	27./11. 03	28./11.	1. KCl 2‰ 2. Wasser	0,4—0,3	0,5—0,4 0,3—0,2	Bemerkenswert ist die Steigerung d. Turgors in den letzten beiden Versuchen; vgl. Text p. 192.
XVII.	30./11. 03	1./12.	1. KCl 2 ‰ 2. KCl 1 ‰ 3. KCl 0,5 ‰ 4. NH_4Cl 2 ‰ 5. NH_4Cl 1 ‰ 6. NH_4Cl 0,5 ‰ 7. Wasser	0,4—0,3	0,4—0,3 0,4—0,3 0,4—0,3 0,3—0,2 0,4—0,3 0,4—0,3 0,3—0,2	
XVIII.	2./12. 03	3./12.	1. NaCl 2 ‰ 2. NaCl 1 ‰ 3. NaCl 0,5 ‰ 4. Wasser	0,4—0,3	0,4—0,3 0,4—0,3 0,4—0,3 0,3—0,2	
XIX.	3./12. 03	4./12.	1. CaCl_2 2 ‰ 2. CaCl_2 1 ‰ 3. CaCl_2 0,5 ‰ 4. NaCl 0,5 ‰ 5. Wasser	0,4—0,3	0,4—0,3 0,4—0,3 0,4—0,3 0,4—0,3 0,3—0,2	
XX.	2./12. 03	2./12.	1. Wasser 2. KCl 2‰ 1. 2.	0,4—0,3	0,4—0,3 0,4—0,3 0,4—0,3 0,4—0,3	} nach 2 Stunden } } nach 4 Stunden

(Fortsetzung der Tabelle.)

1 No.	2 Beginn des Versuches	3 Datum d. Untersuchung	4 Außenlösung	5 Plasmolytische Grenzlösung frischer Objekte	6 Plasmolytische Grenzlösung nach Einwirkg. d. Außenlösung	7 Bemerkungen
XX.	2./12. 03	2./12. 3./12.	1. 2. 1. 2.		0,4—0,3 0,5—0,4 0,3—0,2 0,4—0,3	nach 6 Stunden nach 24 Stunden
XXI.	19./11. 03	20./11.	1. Wasser 2. KCl 2 %	0,5—0,4	0,3—0,2 0,4—0,3	
XXII.	4./12. 03	5./12.	1. KNO ₃ 2 % 2. KNO ₃ 1 „ 3. KNO ₃ 0,5 „ 4. Wasser	0,5—0,4	0,4—0,3 0,4—0,3 0,4—0,3 0,3—0,2	
XXIII.	5./12. 03	6./12.	K ₂ SO ₄ 2 % K ₂ SO ₄ 1 „ K ₂ SO ₄ 0,5 „ Wasser 17° C. Wasser 33° C.	0,5—0,4	0,4—0,3 0,4—0,3 0,4—0,3 0,3—0,2 0,3—0,2	Wenn nichts anderes angegeben, ist bei allen Versuchen die Temperat. 17—18° C.
XXIV.	8./12. 03	9./12.	Rohrzucker 1 % „ 10 „ Ameisens. Na 0,5 % Wasser	0,5—0,4	0,4—0,3 0,4—0,3 0,4—0,3 0,3—0,2	
XXV.	16./12. 03	17./12.	KCl 0,1 mol. KCl 0,08 „ KCl 0,06 „ KCl 0,04 „ Wasser	0,5—0,4	0,4—0,3 0,4—0,3 0,4—0,3 0,4—0,3 0,3—0,2	
XXVI.	18./12. 03	19./12.	KNO ₃ 0,08 mol. KNO ₃ 0,06 „ KNO ₃ 0,04 „ KNO ₃ 0,02 „ Wasser	0,4—0,3	0,4—0,3 0,4—0,3 0,4—0,3 0,3—0,2 0,3—0,2	bei 0,3 mol. schwache Plasmolyse. bei 0,3 mol. starke Plasmolyse.

0,1 usw. mol. bedeutet, daß in einem Liter 0,1 usw. Gramm-
molekül des Salzes gelöst ist.

Die als plasmolytische Grenzlösungen angegebenen Werte, zB. 0,4—0,3, bedeuten, daß in einer 0,4 molekularen KNO_3 - oder KCl -Lösung mindestens die Hälfte aller Zellen deutlich plasmolysiert sind, während in einer 0,3 molekul. Lösung keine oder nur ganz vereinzelte Zellen plasmolysiert waren. Die Bestimmungen wurden zum Teil mit KNO_3 , zum Teil mit KCl -Lösungen ausgeführt; da beide stets das gleiche Resultat lieferten, ist nicht notiert worden, mit welcher der beiden Lösungen in den verschiedenen Versuchen gearbeitet wurde.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Jahrbücher für wissenschaftliche Botanik](#)

Jahr/Year: 1905

Band/Volume: [41](#)

Autor(en)/Author(s): Wächter W.

Artikel/Article: [Untersuchungen über den Austritt von Zucker aus den Zellen der Speicherorgane von Allium Cepa und Beta vulgaris. 165-220](#)