Zeitschrift: Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft Bern
Herausgeber: Naturforschende Gesellschaft Bern
Band: - (1915)

Artikel: Der Einfluss des Aussenmediums auf den Turgordruck einiger Algen
Autor: Buchheim, Alexander
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-319257

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 10.12.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Alexander Buchheim.

Der Einfluss des Aussenmediums auf den Turgordruck einiger Algen.

Einleitung.

In der wissenschaftlichen Literatur findet man viele Angaben über Turgorverhältnisse in pflanzlichen Zellen und Geweben. Besonders ausführlich sind die Fragen der Osmose in den Arbeiten von van Rysselberghe (17) und Lepeschkin (10) behandelt. Der letzte Autor hat die physikalischen Vorgänge, die sich bei der Plasmolyse der Zellen abspielen, eingehend untersucht und gibt in seiner russischen Arbeit eine Reihe von Formeln für die Bestimmung der Permeabilität und des osmotischen Drucks. Mich interessierte speziell die Frage der Abhängigkeit des Turgordruckes vom Aussenmedium. Zwar sind in dieser Richtung Arbeiten von Janse (8), Eschenhagen (6), Stange (18), Drevs (3), von Mayenburg (12) und Pantanelli (14) erschienen, doch ist das Problem der Abhängigkeit des Turgordruckes vom Aussenmedium noch lange nicht für alle pflanzlichen Organismen gelöst. Wenn auch Eschenhagen für Schimmelpilze nachgewiesen hat, dass dieselben sich annähernd gleich zu den Lösungen von Elektrolyten und Nichtelektrolyten verhalten (er konnte sogar einen Ueberschuss des Turgordruckes bei den Pilzen, die auf Glykose wuchsen, konstatieren), so ist das Verhalten der grünen Pflanzen zu verschiedenen Lösungen noch lange nicht entschieden. Ja, es sind in der Literatur zwei ganz verschiedene Meinungen vertreten. Van Rysselberghe kommt in seiner Arbeit zum Ergebnis, dass die pflanzlichen Zellen sich in isotonischen Lösungen ziemlich egal verhalten; sie steigern ihren Turgor nach dem Weberschen Gesetz unabhängig ob die Aussenlösung ein Elektrolyt oder ein Nichtelektrolyt ist. Dem widersprechen aber die Angaben Drevs und Janse die, wenigstens für Meeresalgen in Brackwasser, ein Permeieren des Salzes konstatiert haben, und dadurch eine direkte Proportionalität der Turgorsteigerung mit der Zunahme der Aussenkonzentration. Der mikrochemische Nachweis des eingedrungenen Salzes bereitet viele Schwierigkeiten und kann

quantitativ überhaupt nicht durchgeführt werden.[1]) Darum können die Angaben über den mikrochemischen Nachweis des Salzes von Drevs nur mit Vorsicht behandelt werden. Doch seine plasmolytischen Versuche mit Meeresalgen scheinen durchaus exakt ausgeführt zu sein.

Um diese zwei verschiedenen Ansichten über das Wesen und den Verlauf der Anpassung der pflanzlichen Zellen an verschiedenen Lösungen zu prüfen unternahm ich Versuche mit Algen, indem ich sie in Salz und Zuckerlösungen kultivierte. Diese Organismen scheinen an sehr verschiedene Aussenkonzentrationen sich anpassen zu können. Dafür spricht schon ihre grosse Verbreitung in der Natur. Es ist bekannt, dass die Meeresalgen grosse Schwankungen im Salzgehalt vertragen können. Drevs kultivierte verschiedene Meeresalgen in hochkonzentriertem Meerwasser. Doch ist die Frage, was die Anpassung der Meeresalgen an hohe Konzentrationen verursacht, noch nicht entschieden. Nach Drevs muss man annehmen, dass NaCl bis zum Konzentrationsgleichgewicht in die Zellen der Algen eindringt, wodurch erreicht wird, dass der Ueberdruck in den Zellen konstant bleibt. Jedenfalls scheint es, dass die Meeresalgen sich ganz eigenartig zum NaCl verhalten. Um dieses Verhalten näher zu präzisieren stellte ich einige Versuche mit Algenkulturen in Villefranche s. M. an.

Was die Süsswasseralgen anbetrifft, so haben sie nach meinen Versuchen auch ein grosses Anpassungsvermögen. Das Wasser der Tümpel und Moore weist je nach der Jahreszeit und Bodenbeschaffenheit eine verschiedene Konzentration der Salze und organischer Stoffe auf; auch die Temperaturschwankungen in den Tümpeln sind sehr gross. An diese Schwankungen des Aussenmediums müssen die Organismen angepasst sein.

Doch ausser diesen rein physikalischen Ursachen, die den osmotischen Druck in den Algen beeinflussen, gibt es eine Reihe physiologischer Prozesse, deren Zusammenwirken die Höhe des Turgordruckes in jedem einzelnen Fall bestimmt. Wie kompliziert das Einwirken aller dieser Faktoren ist, kann man z. B.

[1]) Auch der quantitative Nachweis des Chlors durch Bestimmung in wässerigem Auszuge und in der Asche kann schwerlich sichere Daten über den Chlorgehalt im Zelleninnern geben.

bei *Cylindrocystis Brébissonii* beobachten, die in zwei morphologisch verschiedenen Formen in den Tümpeln auftritt. Zuweilen schwimmen die Flocken dieser Algen ganz an der Oberfläche des Wassers. Sie bilden in diesem Fall eine Art Haut, die sich an der Oberfläche der Tümpel ausbreitet. In andern Fällen setzten sich die Flocken der genannten Algen ganz auf den Boden der Tümpel und bilden Komplexe von 4—6 cm Länge und 2—3 cm Breite. Es hat sich gezeigt, dass der Unterschied in diesen Formen nicht nur äusserlich ist. Die Teilung der Zellen ist viel lebhafter in den niedergesunkenen Flocken; auch ein Unterschied im Turgordruck ist festzustellen.

In meiner Arbeit war ich bemüht, die individuellen Eigenschaften einzelner Zellen auszuschalten. Es geschah auf die Weise, dass ich stets mit grösseren Mengen von Organismen arbeitete. Es ist selbstverständlich, dass die Kulturen, mit denen ich vergleichende Versuche anstellte, stets von demselben Orte stammten. Bei *Cylindrocystis* achtete ich sorgfältig darauf, dass alle Algen, mit denen ich arbeitete, morphologisch zu einer der oben geschilderten Gruppen gehörten.

Vorliegende Arbeit wurde im Botanischen Institut Freiburg in Baden während der Zeit vom Oktober 1912 bis Februar 1914 ausgeführt.

Herrn Direktor Geheimen Hofrat Professor Dr. Fr. Oltmanns danke ich für die Ueberlassung der Institutsmittel. Für zahlreiche Ratschläge und Anweisungen bin ich Herrn Dr. A. Tröndle, unter dessen Leitung die Arbeit gemacht wurde, herzlichen Dank schuldig. Auch möchte ich an dieser Stelle Herrn Direktor Professor Dr. A. Korotneff und Dr. M. Davidoff in Villefranche sur Mer für die Ueberlassung eines Arbeitsplatzes im Laboratoire russe de zoologie in Villefranche danken.

Ferner bin ich Herrn Dr. M. Oxner im Musée océanographique Monaco für die Untersuchung des Salzgehaltes des Meerwassers, mit dem ich experimentierte, zu Dank verpflichtet.

Herrn Dr. H. von Waenker danke ich für die Herstellung der Photographie und Herrn Dr. A. Rabanus und Dr. H. Kauffmann (†) für die freundliche Mithilfe beim Aufsuchen der Standorte.

Versuchsanstellung.

Das Material, welches ich für meine Untersuchungen benützte, stammte aus den Mooren von Erlenbruck, Wiesengräben von Hugstetten und aus dem Hirschenmoor bei Hinterzarten. Die Algen wurden in kleinen Glasgefässen aufgehoben und erst dann zur Untersuchung genommen, wenn sie nach einigen Tagen noch frisch und intakt aussahen. Bei *Cylindrocystis* wurde immer abgewartet, bis die Kultur ausgesprochene Flocken bildete.

Um das Verhalten der Algen zu verschieden konzentrierten Lösungen zu prüfen, wurden dieselben in kleine Algengläser gebracht und mit entsprechenden Lösungen behandelt. Es wurde dafür gesorgt, dass die Konzentration der Lösung in jedem Glas immer dieselbe blieb. Jede Kultur wurde stets jeden dritten bis vierten Tag mit frischer Kulturlösung gefüllt. Um die Ungenauigkeiten, die durch das den Algen anhaftende Wasser verursacht wurden, verschwindend klein zu machen, habe ich die zur Kultur gebrauchten Algen vermittelst Pipette in die Kulturflüssigkeit gebracht.[1]) Bei *Spirogyra* wurden die Fäden mit Fliesspapier abgetrocknet.

Für die plasmolytischen Versuche gebrauchte ich im Glas destiliertes Wasser. Die Chemikalien (Saccharose und NaCl) wurden von Merk-Darmstadt bezogen. Die Zuckerlösung, die ich für meine Versuche brauchte, wurde alle zwei bis drei Tage frisch hergestellt um das Auftreten von Pilzen zu verhüten. Bei meinen Urtersuchungen verwendete ich Lösungen, die sich um 0.25—0.50 % [2]) Zucker anstuften. Die zu den Versuchen gebrauchten Algen wurden in der Flüssigkeit wenigstens 30—40 Minuten gelassen (die plasmolysierende Wirkung der Zuckerlösung tritt gewöhnlich nach Verlauf einer halben Stunde ein).

---

[1]) Die bei dieser Operation übergetragenen geringen Wassermengen können vernachlässigt werden.

[2]) Die Prozentzahl wurde nach Rault berechnet 1% = 1/342 g-Moleküle in 100,6 ccm.

Im weiteren wird die Konzentration als Grenzkonzentration bezeichnet, bei welcher 50% der beobachteten Algen deutlich plasmolysiert waren. Bei Fadenalgen bezeichne ich die Konzentration als Grenzkonzentration, bei welcher 50% der Zellen in jedem Faden plasmolysiert wurden. Um die individuellen Schwankungen auszuschalten, habe ich in jeder Konzentration etwa 100 Algen beobachtet und dann die Prozentzahl der plasmolysierten Zellen bestimmt.

Orientierungsversuche.

Im Oktober 1912 habe ich meine Untersuchungen über Turgordruck bei den Algen begonnen. Es war *Cylindrocystis Brebissonii*, dem meine ersten Versuche galten. Diese Alge fand sich in reichlichen Mengen in den Tümpeln der Hochmoore bei Hinterzarten.

Um den Turgordruck von *Cylindrocystis* nach der plasmolytischen Methode festzustellen, verwendete ich Lösungen von Saccharose. Die Wahl von Saccharose für die plasmolytischen Versuche beruhte darauf, dass bei dem grossen Molekulargewicht derselben es leicht war, verschiedene Konzentrationen herzustellen ohne mit sehr kleinen Gewichtsmengen operieren zu müssen: hauptsächlich aber kam es hier darauf an, dass man als plasmolysierenden Stoff einen Nichtelektrolyten verwendete, der sich durch seine minime Permeabilität auszeichnete. Durch Ausprobieren verschiedener Konzentrationen konnte ich ziemlich genau feststellen, dass der Turgordruck zwischen 8 und 9% Saccharose lag. Ich will das Protokoll dieses Versuches anführen. Man kann daraus entnehmen, dass die Dauer der plasmolytischen Reaktion in schwacher Lösung ca. 15—20 Minuten beträgt.

Versuch I. (26. X. 1912.)

8%ige Zuckerlösung		9%ige Zuckerlösung	
3.10 Uhr.	Anfang des Versuches.	3.23 Uhr.	Anfang des Versuches.
3.16 „	keine Plasmolyse.	3.28 „	Plasmolyse eingetreten.
3.21 „	„ „	3.33 „	„ „
3.26 „	einige Zellen kaum merklich plasmolysiert.	3.38 „	keine Aenderung.
3.31 „	„ „ „	3.43 „	„ „
3.36 „	„ „ „	3.48 „	„ „

Dieser Versuch zeigt ferner, wie bereits erwähnt wurde, dass die Grenzkonzentration für *Cylindrocystis* zwischen 8 und 9% Saccharose liegt, was dem Druck von 5,28 Atmosphären entspricht. (8½% $C_{12}H_{22}O_{11}$.) Wie würde sich aber der Innendruck der Alge verhalten, wenn man dieselbe in ein konzentrierteres Medium überträgt und längere Zeit daselbst lässt? Um diese Frage zu beantworten, setzte ich eine 5%ige Zuckerkultur von *Cylindrocystis Brebissonii* an.

Versuch II. (28. X. 1912.)

Cylindrocystis Brebissonii seit 22. X. in 5%iger Saccharose kultiviert.

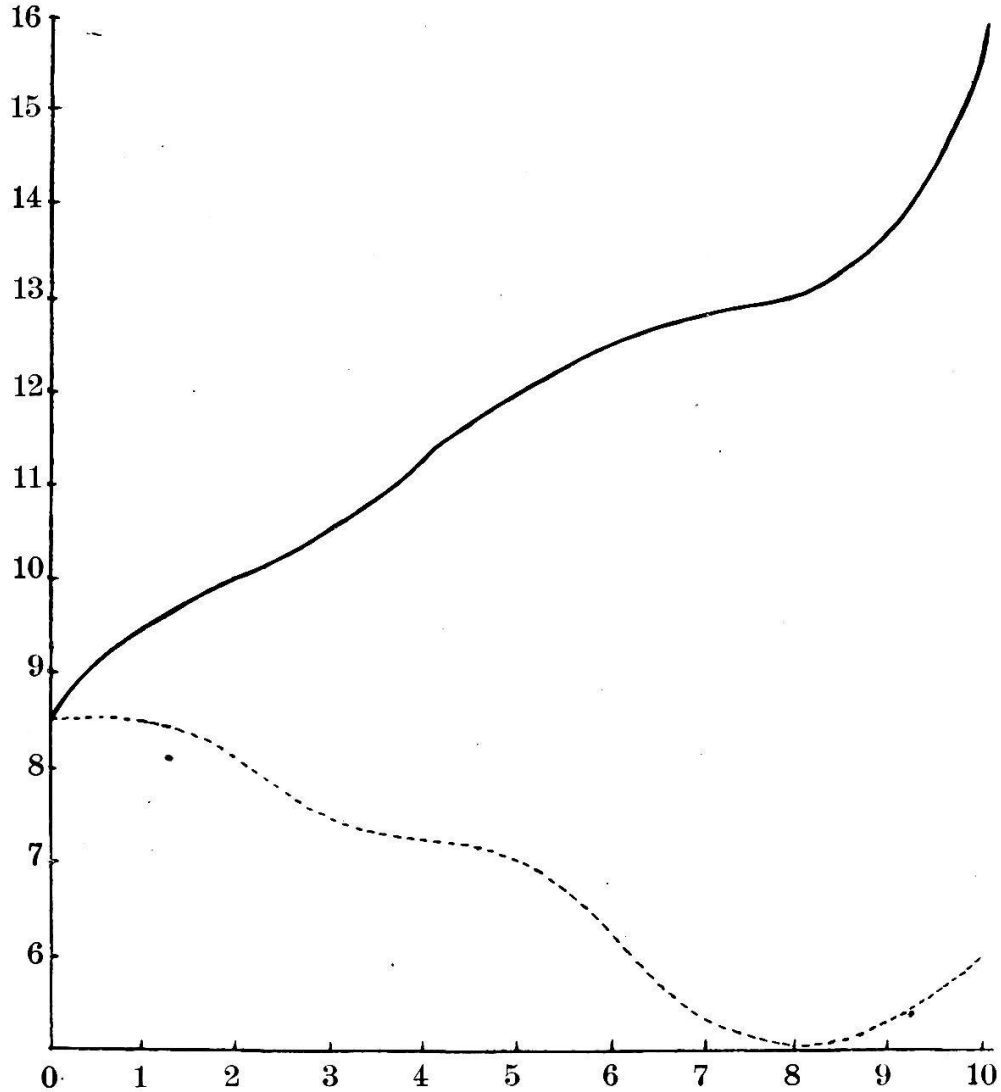
Zeit: 8% Zuckerlösung.	Zeit: 9% Zuckerlösung.	Zeit: 10% Zuckerlösung.
11.13: Anfang d. Vers.	11.14: Anfang d. Vers.	11.15: Anfang d. Vers.
11.26: keine Reaktion.	11.26: keine Reaktion.	11.31: schwache Plasmolyse.
11.40: „ „	11.50: kaum merkliche Plasmolyse.	11.54: „ „
12.10: „ „	12.04: „ „	12.06: „ „

Aus dem Versuch II. geht also hervor, dass der Turgordruck der Algen, die in 5%iger $C_{12}H_{22}O_{11}$ kultiviert waren, höher ist als bei denen, die im gewöhnlichen Wasser vegetierten. Um zu kontrollieren, ob der Turgordruck der Algen, die in gewöhnlichem Wasser kultiviert waren, derselbe geblieben war, habe ich am selben Tage vergleichende Versuche gemacht. Der Turgordruck war wieder 8½%ig $C_{12}H_{22}O_{11}$. Da die ersten Versuche schon zeigten, dass das Verhalten der einzelnen Zellen von *Cylindrocystis* zu den Lösungen verschieden war (in jeder Konzentration von $C_{12}H_{22}O_{11}$ waren neben plasmolysierten Zellen von *Cylinorocystis* auch solche, die schwach oder gar nicht plasmolysiert waren), stellte es sich als notwendig heraus, bei der Berechnung der Grenzkonzentration die Zahl der plasmolysierten Zellen anzugeben. In den Versuchen, die in diesem Abschnitt behandelt werden, geschah die Bestimmung der plasmolysierten Zellen schätzungsweise. Es galt als Grenzkonzentration die Konzentration, bei welcher schätzungsweise mehr als 50% Zellen plasmolysiert waren.

Weitere Versuche, die nach der beschriebenen Methode ausgeführt wurden, ergaben für verschiedene Kulturen von *Cylindrocystis* folgende Grenzkonzentrationen:

Konzentration des Aussenmediums	Grenzkonzentration
H_2O	$8^1/_2$ % $C_{12}H_{22}O_{11}$
1% $C_{12}H_{22}O_{11}$	$9^1/_2$ % »
2% »	10% »
5% »	12% »
8% »	13% »
10% »	16% »

Fasst man diese Ergebnisse graphisch zusammen, so erhält man folgende Kurve: (Kurve 1.)



Kurve 1[1]: —— Turgordruck von *Cylindrocystis*
····· Ueberdruck » »

[1]) Bei Kurven 1—10 bedeuten:
Ordinaten — Konzentration d. plasmolisierenden Lösung.
Abscissen — Konzentration d. Kultur-Lösung.

Es ist selbstverständlich, dass die Kulturen in 8 und 10% Zucker nicht direkt von den Algen, die dem Fundorte entnommen wurden, angesetzt waren. Erst durch allmähliche Anpassung in 5% Zuckerkultur kann man die Algen in höhere Konzentrationen überführen. Geschieht das nicht, so tritt bei sämtlichen *Cylindrocystis*zellen Plasmolyse ein und die Zellen gehen auf diese Weise zu Grunde. Es gelang mir nicht *Cylindrocystis* in noch höheren Konzentrationen zu kultivieren. Schon bei Kultur in 10%iger Zuckerlösung waren sämtliche Zellen plasmolysiert und manche abgestorben.

Ausser bei *Cylindrocystis* habe ich den Turgordruck noch bei *Closterium*, *Micrasterias* und *Pleurotaenium* bestimmt. Bei Versuchen mit *Closterium* sind die ersten Stadien der Plasmolyse schwer festzustellen. Schon bei 8%iger Zuckerlösung wird der Chloroplast etwas deformiert: die Umrisse desselben werden unscharf, verquollen. In meinen weiteren Versuchen nehme ich an, dass Plasmolyse nur bei den *Closterien* eintritt, bei welchen das Abheben des Chloroplasten an den Enden deutlich zu erkennen ist. Die Resultate meiner Turgormessungen bei *Closterium Ehrenbergii* kann man folgendem Protokoll entnehmen:

Versuch III. (31. X. 12.)

Zeit: 8% Zuckerlösung.	Zeit: 9% Zuckerlösung.	Zeit: 10% Zuckerlösung.
10.40: Anf. d. Vers.	10.40: Anf. d. Vers.	10.40: Anf. d. Vers.
11.24: Zellen etwas deformiert	11.24: Zellen meistens deformiert	11.39: Starke Plasmolyse
	11.56: » »	11.55: » »

Versuch IV. (4. XI. 12.)

Zeit: 8% Zuckerlösung.	Zeit: 9% Zuckerlösung.	Zeit: 10% Zuckerlösung.
10.30: Anf. d. Vers.	10.30: Anf. d. Vers.	10.30: Anfang d. Vers.
11.20: keine deutliche Plasmolyse	11.30: einige Zellen merklich plasmolysiert	11.22: deutliche Plasmolyse.

Man könnte demnach den Turgordruck von *Closterium Ehrenbergii* als einer 9½ %igen Zuckerlösung entsprechend annehmen: = 6,15 Atmosphären.

Die Versuche, diese Algen in höheren Zuckerkonzentrationen zu kultivieren, ergaben bei 5%iger Zuckerkultur den Turgordruck 10½—11%. Höhere Konzentrationen wirkten

schädlich. So ist der Versuch, diese Alge in 15%iger Zuckerlösung zu kultivieren, nicht gelungen, da nach 3 tägigem Aufenthalt der Alge in dieser Lösung die Zellen von *Closterium* völlig plasmolysiert waren.

Was den Turgordruck bei *Micrasterias dentata* betrifft, so kann man denselben aus dem Versuch vom 5. November 1912 ersehen.

Versuch V. (5. XI. 12.)

Zeit: 11% Zuckerlösung.	Zeit: 12% Zuckerlösung.	Zeit: 13% Zuckerlösung.
3.08: Anfang des Versuchs	3.08: Anfang des Versuchs	3.08: Anfang des Versuchs
3.45: keine Reaktion.	3.50: keine Reaktion.	3.55: fast alle Zellen plasmolysiert.

Demgemäss würde der Druck im Zellinnern von *Micrasterias dentata* etwa dem Druck einer 12½%igen Zuckerlösung = 8 Atmosphären entsprechen.

Weitere Versuche, die in derselben Weise ausgeführt wurden, ergaben für *Pleurotaenium Ehrenbergii* den Druck = 13%ige Zuckerlösung oder 8,31 Atmosphären.

In diesem Abschnitt möchte ich noch die Versuche anführen, die ich mit *Spirogyra spec.* anstellte. Ich fand eine ziemlich breitzellige Spezies von *Spirogyra* im Wiesengraben bei Hugstetten und habe diese Gelegenheit benutzt, um Versuche mit Seewasser (aus der Nordsee) zu machen. Das Seewasser aus dem Zoologischen Institut hatte das spezifische Gewicht 1.028 bei 12½° C. Am 19. November setzte ich folgende Kulturen an:

1.	in	250	ccm:	0	ccm	Seewasser	(0%)
2.	»	»	» :	25	»	»	(10%)
3.	»	»	» :	50	»	»	(20%)
4.	»	»	» :	75	»	»	(30%)
5.	»	»	» :	100	»	»	(40%)
6.	»	»	» :	125	»	»	(50%)

Die Kulturen verhielten sich zum Seewasser ganz verschieden, je nach der Konzentration desselben. Am 28. XI. 12 wurden die Kulturen photographiert[1]) und man kann aus dem Bilde

[1]) Von Dr. Hans von Waenker.

sehen[1]), dass die Kultur in destilliertem Wasser am besten war. Man kann auch ferner die Einwirkung des Seewassers verfolgen: mit Steigerung der Konzentration verkümmerten die Kulturen immer mehr und mehr. Am 2. und 3. XII. habe ich die Turgorbestimmung unternommen, die folgende Resultate ergab:

Konzentration des Aussenmediums	Turgordruck.
H_2O	12 % $C_{12}H_{22}O_{11}$
10 % Seewasser	14½ % »
20 % »	17 % »

Aus diesen Ergebnissen könnte man schliessen, dass die Zunahme des Turgordruckes parallel mit der Steigerung der Konzentration der Kulturlösung geht. Die Algen verhielten sich in diesem Fall so, als ob sie das Salz des Seewassers aufnahmen und dadurch ihren Turgordruck erhöhten. Diese Versuchsreihe ist aber zu klein, um feste Schlüsse daraus zu ziehen. Wir kommen ferner noch auf die Frage, wie sich die Algen zu Salzlösungen verhalten, zu sprechen. Vielleicht würde es noch von Interesse sein, zu erwähnen, dass die Kulturen von Spirogyra am 20. I. 13 noch ein gutes Aussehen hatten (namentlich die Kulturen in 10 % und 20 % Seewasser).

Am Schlusse dieses Abschnittes möchte ich noch einmal darauf hinweisen, dass die hier angegebenen Versuche Orientierungsversuche sind: die Grenzkonzentrationen sind nicht nach der genauen Prozentzahl der plasmolisierten Zellen berechnet. Deswegen kann man die in diesem Abschnitt gefundenen Zahlen in keiner Weise mit den weiteren Ergebnissen vergleichen.

Hier kam es mit darauf an, zu zeigen, dass bei zunehmender Konzentration des Aussenmediums der Turgordruck der Algen im Allgemeinen auch gesteigert wird. Wie diese Steigerung des Turgordruckes in Zucker- und Salzlösungen vor sich geht, werden weitere Versuche zeigen.

Zuckerkulturen von *Cylindrocystis Brebissonii* und *Spirogyra spec.*

a. Allgemeiner Verlauf der Turgorsteigerung.

Um den Verlauf der Turgorsteigerung, die in den Zellen der Algen entsteht, falls man dieselben in ein Medium mit höherer

[1]) Siehe Anhang.

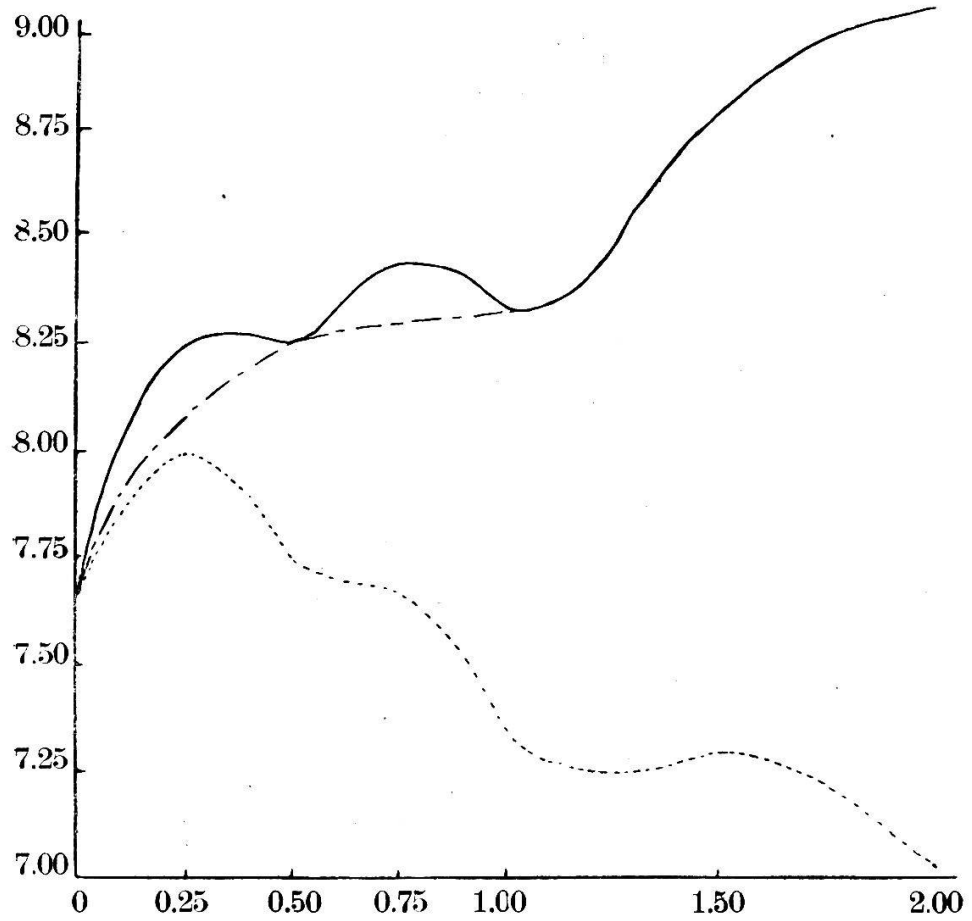
Konzentration bringt, genauer zu prüfen, habe ich weitere Versuche mit verschiedenen Zuckerlösungen angestellt. Da die Methode, die ich bei solchen Zuckerkulturen verwendet habe, schon an anderer Stelle geschildert ist, will ich hier nicht näher darauf eingehen. (Die Berechnung der Grenzkonzentration ist aus den im Anhang angeführten Untersuchungsprotokollen zu ersehen.) Ich will nur noch einmal betonen, dass das Wort «Zuckerkulturen» keineswegs in dem Sinne gebraucht wird, als wären es «reine» Kulturen, mit denen ich hier experimentierte. Solche Algen, wie *Spirogyra* lassen sich in künstlichen Bedingungen überhaupt schwer züchten und deswegen kann man bakterienreine Kulturen von *Spirogyra* schwer bekommen. Diese Alge stellt hohe Forderungen an Temperatur und Belichtung und darum kann die Kultur von *Spirogyra* nicht immer ausgeführt werden. In den Kulturen, die hier besprochen werden, konnte man eine sehr schöne Anpassung der *Spirogyra* an die künstlichen Bedingungen eines Laboratorium-Versuches konstatieren. Dass die Alge sich verhältnismässig wohl fühlte, konnte man an den Lichtbewegungen, die sie ausführte, bemerken. Die einzelnen Fäden von *Spirogyra* sammelten sich in Büschel, die ihre Gestalt je nach der Intensität der Belichtung veränderten. Oltmanns (13) hat dieselben Erscheinungen bei *Spirogyra* beobachtet und die oben beschriebenen Büschel überaus zutreffend mit rosschweifähnlichen Gebilden verglichen. Nach diesem kurzen Bericht über meine Kulturen kann ich nun zu den Ergebnissen derselben übergehen. Zuerst will ich die Resultate meiner Versuche mit *Cylindrocystis Brebissonii* berichten.

Es war von Interesse zu prüfen, wie sich der Turgordruck von *Cylindrocystis* ändert, wenn die Konzentrationsstufen der Zuckerkultur möglichst klein gewählt werden. Deswegen stellte ich folgende Zuckerkulturen an: H_2O; 0,25; 0,50; 0,75; 1; 1,50; 2 %. Die Algen stammten aus Erlenbruck (25. V. 13) und wurden am 4. VI. in Kulturlösungen gebracht. Der Turgordruck in jeder Konzentration wurde zweimal untersucht.

Aus folgender Tabelle sind die Resultate dieser Versuchsreihe zu entnehmen.

Aussen-konzentration:		Grenz-konzentration:		Ueberdruck:
H_2O		7,66 %	Zucker	7,66
0,25 %	$C_{12}H_{22}O_{11}$	8.24 %	»	7,99
0,50 %	»	8,24 %	»	7,14
0,75 %	»	8,42 %	»	7,67
1,00 %	»	8,33 %	»	7,33
1,50 %	»	8,79 %	»	7,29
2,00 %	»	9,03 %	»	7,03

Um diese Resultate übersichtlicher zu machen, stelle ich sie graphisch dar. (Kurve 2.)



Kurve 2: —— Turgordruck v. *Cylindrocystis* bei 0,25 % Zucker-Abstufung.
—·— Turgordruck bei 0,50 % Zucker-Abstufung.
····· Ueberdruck bei 0,25 % Zucker-Abstufung.

Beim Betrachten dieser Kurve ist augenscheinlich, dass der erste Teil derselben keinen gesetzmässigen Verlauf hat. Offenbar konnte die Methode, von der ich hier Gebrauch machte, nicht

die Unterschiede im Turgordruck bei Kulturen, die sich um 0,25 % Zucker abstuften, wiedergeben. Dieses wird besonders deutlich, wenn man grössere Abstufungen nimmt. Wenn wir z. B. den Verlauf der Kurve beobachten, die den Turgordruck bei Kulturen, die sich um 0,50 % Zucker unterscheiden, markiert, so sehen wir, dass dieselbe viel regelmässiger verläuft. Natürlich ist bei dieser Erörterung unentschieden, ob die Algen auf Unterschiede von 0,25 % Zucker in den Kulturen gesetzmässig reagieren. Jedenfalls, wenn dies der Fall ist, muss die Zahl der Versuchsobjekte sehr gross gewählt werden, damit die individuellen Verschiedenheiten das Bild nicht vertuchen. Immerhin kann man auf Grund meines Versuches behaupten, dass der Turgordruck der Algen bei Kulturen mit verschiedenem Zuckergehalt mit Steigerung der Zuckerkonzentration auch wächst. Ferner zeigt dieser Versuch, dass die Zunahme des Turgordrucks nicht in dem Masse erfolgt, wie die Konzentrationsänderung der Kulturlösung; so ist der Turgor in meinem Versuche von 7,66 bis 9,03 gewachsen, während die Aussenkonzentration von 0—2 % Zucker gesteigert wurde.

Parallel mit der Steigerung des Turgordruckes kann man auch die Abnahme des Ueberdrucks konstatieren. Es scheint, dass die Algen sich an die neuen Lebensbedingungen in Zuckerlösungen anpassen können, indem sie einen Teil ihres Ueberdrucks einbüssen. Hiermit ist die Frage gegeben, wie weit kann das ohne Schaden für die Organismen geschehen; denn es ist vorauszusehen, dass eine solche Abnahme des Ueberdrucks nur bis zu einer gewissen Grenze erfolgen kann. Die natürliche Grenze für ein plötzliches Uebertragen der Alge in Zuckerlösungen ist durch die Konzentration gegeben, die sofort starke Plasmolyse hervorruft; doch allmählich kann man Cylindrocystis auch an höhere Konzentrationen (10 % Zucker) gewöhnen: die Alge passt sich an, indem sie ihren Innendruck allmählich steigert. (Siehe Seite 7.)

Doch wenden wir uns noch einmal zu den Ergebnissen der ersten Versuchsreihe.

Vergleicht man die Zunahme des Turgordrucks bei 1- und 2%iger Zuckerkultur, so scheint es, dass hier eine direkte Proportionalität existiert. $\frac{1}{2} = \frac{0,66}{1,37}$.

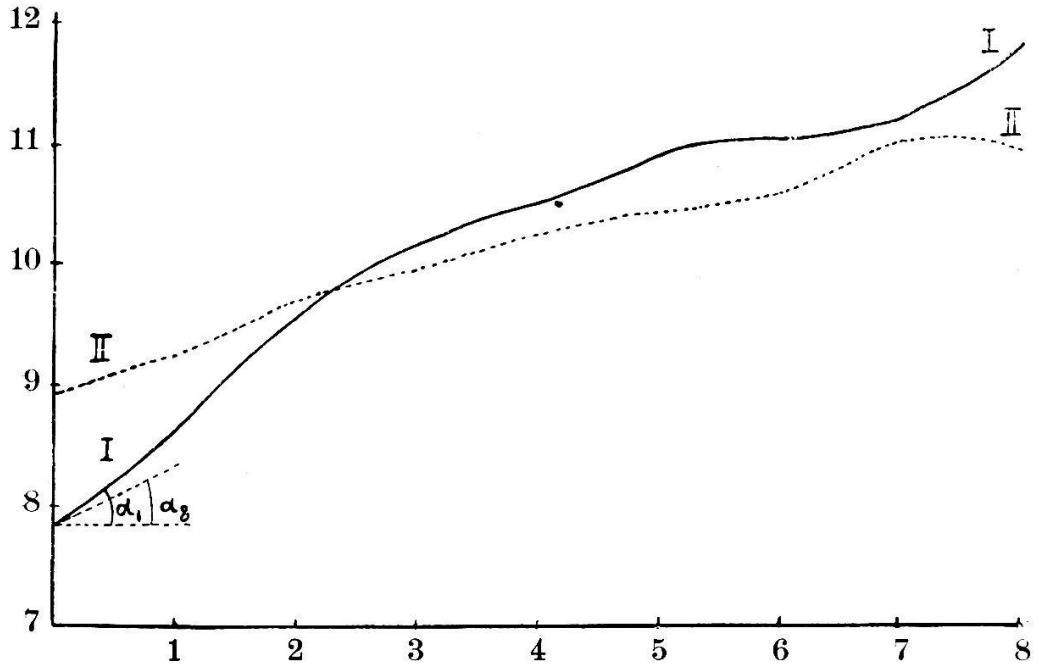
Doch die weitern Versuche lehren uns, dass diese Proportionalität nur bei ganz kleinen Abstufungen der Aussenkonzentration besteht; bei hohen Konzentrationen kann von einer solchen Proportionalität bei Zuckerkulturen keine Rede sein.

Meine weiteren Versuche beschäftigten sich mit Zuckerkulturen, die sich um 1% Zucker abstuften. Ich hoffte, auf diese Weise etwas näher die Gesetzmässigkeit festzustellen, die offenbar zwischen der Turgorzunahme und Konzentrationssteigerung existiert. Es war zu erwarten, dass die grössere Abstufung der gewählten Zuckerlösungen bei der Aufklärung dieser Gesetzmässigkeit von Nutzen sein wird. Ich unternahm meine Versuche mit einer Kultur von *Cylindrocystis* aus Ehrenbruck (v. 25. XI. 13). Das Material war von gutem Aussehen und die Flockenbildung eine ganz ausgesprochene. Um die Übersicht zu erleichtern, gebe ich im folgenden die Resultate von drei verschiedenen Versuchsreihen[1]:

Dauer der Einwirk:	(7—8 Tage)		(11—12 Tage)		(23 Tage)
Aussen-konzentration	Grenzkonzentration (I)		Grenzkonzentration (II)		Grenzkonzentration (III)
H_2O	7,83%	$C_{12}H_{22}O_{11}$	8,91%	$C_{12}H_{22}O_{11}$	
1%	8,63%	»	9,24%	»	9,22%
2%	9,60%	»	9,70%	»	9,58%
3%	10,18%	»	9,99%	»	
4%	10,56%	»	10,25%	»	10,01%
5%	10,94%	»	10,46%	»	
6%	11,07%	»	10,63%	»	
7%	11,29%	»	11,07%	»	
8%	11,89%	»	10,97%	»	10,90%

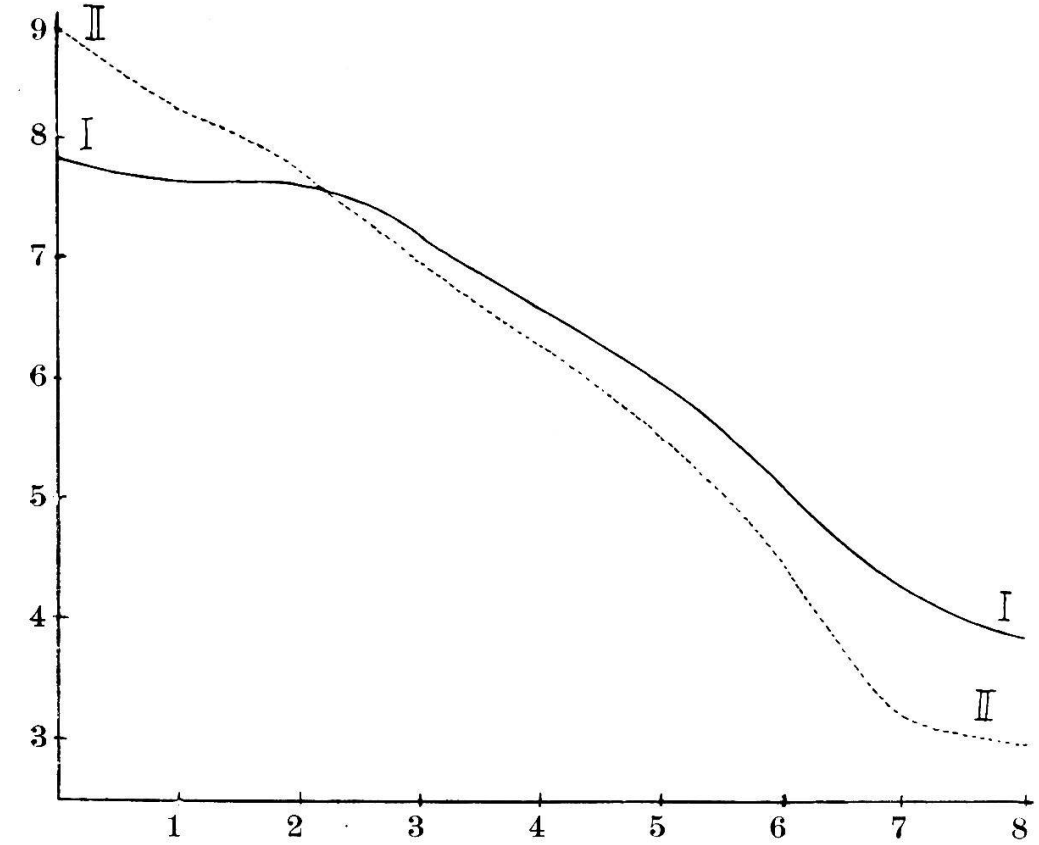
oder graphisch: (Kurve 3.)

[1]) Reihe I: Tabellen 1—18.
» II: » 19—32.
» III: » 33—36.



Kurve 3: —— Turgordruck v. *Cylindrocystis* in der I. Versuchsreihe.
..... Turgordruck v. *Cylindrocystis* in der II. Versuchsreihe.

Der Ueberdruck nimmt mit wachsender Konzentration ab: (Kurve 4.)



Kurve 4: —— Ueberdruck v. *Cylindrocystis* in der I. Versuchsreihe.
..... Ueberdruck v. *Cylindrocystis* in der II. Versuchsreihe.

Aus dem Verlauf der Kurven sehen wir, dass hier keine direkte Proportionalität zwischen dem Turgordruck und Konzentration besteht. Im Gegenteil, mit wachsender Konzentration wird die Kurve immer flacher: Winkel $\alpha 1$ bis $\alpha 8$ werden immer kleiner. Die Konzentrationsteigerung und die Zunahme des Turgordrucks geht nicht parallel. Der Zusammenhang, der hier besteht, kann durch das Weber-Fechnersche Gesetz erklärt werden. Für diesen Fall kann man das Weber-Fechnersche Gesetz folgendermassen definieren:

Wenn die Abstufungen der Kulturflüssigkeit so gewählt sind, dass sie eine Reihe, die nach dem Gesetz der geometrischen Progression gebildet ist, darstellen, so ändert sich der entsprechende Turgordruck nach dem Gesetz der arithmetischen Progression; also

$a;\ a+q;\ a+q^2;\ a+q^3;\ .\ .\ a+q^n$ — Konzentration

$b;\ b+p;\ b+2p;\ b+3p;\ .\ .\ b+np$ — Turgorsteigerung

Wenn wir die Ergebnisse, die wir gefunden haben, zusammen stellen, so sieht man, dass dieselben im allgemeinen dem Weberschen Gesetz folgen.

I Konz. der Aussenmed.	1	1.2	1.2^2	1.2^3
Gefund. Werte	8,63	9,60	10,56	11,89
		8,63 + 0,97	8,63 + 2.0,97	8,63 + 3.0,97
Web. Gesetz	8,63	9,60	10,57	11,54
Differenz	0	0	— 0,01	+ 0,35
II Konz. der Aussenmed.	1	1.2	1.2^2	1.2^3
Gefund. Werte	9,24	9,70	10,25	10,97
		9,24 + 0,46	9,24 + 2.0,46	9,24 + 3.0,46
Web. Gesetz	9,24	9,70	10,16	10,62
Differenz	0	0	+ 0,09	+ 0,35
III Konz. der Aussenmed.	1	1.2	1.2^2	1.2^3
Gefund. Werte	9,22	9,58	10,01	10,90
		9,22 + 0,36	9,22 + 2.0,36	9,22 + 3.0,36
Web. Gesetz	9,22	9,58	9,94	10,30
Differenz	0	0	+ 0,07	+ 0,60

I Dauer der Kultur = 7 – 8 Tage.
II » » » = 11–12 »
III » » » = 23 Tage.

Daraus sieht man, dass das Webersche Gesetz für die Steigerung des Turgors bei *Cylindrocystis* gültig ist. Die grössere Abweichung von der theoretisch geforderten Zahl bei 8%iger Zuckerkultur kann dadurch erklärt werden, dass bei 8%iger Zuckerlösung die Fehler, die durch Verdunstung der Kulturflüssigkeit entstehen, nicht vernachlässigt werden können. Auch ist das Permeieren geringer Zuckermengen bei der Versuchsdauer von 23 Tagen nicht ganz ausgeschlossen. Jedenfalls ist bemerkenswert, dass die Abweichungen vom Weberschen Gesetz um so grösser werden, je länger die Algen in der Kulturflüssigkeit verbleiben. Doch im allgemeinen lassen diese Versuche keinen Zweifel daran, dass die Turgorsteigerung bei Zuckerkulturen sich annähernd nach der arithmetischen Progression vollzieht. Ich möchte hier noch bemerken, dass die Berechnung des Quotienten der arithmetischen Progression nach der Differenz (Turgordruck in 2%iger Kultur — Turg.-Druck in 1%iger Kultur) willkürlich ist. Wir werden ferner Quotienten auf andere Weise berechnen.

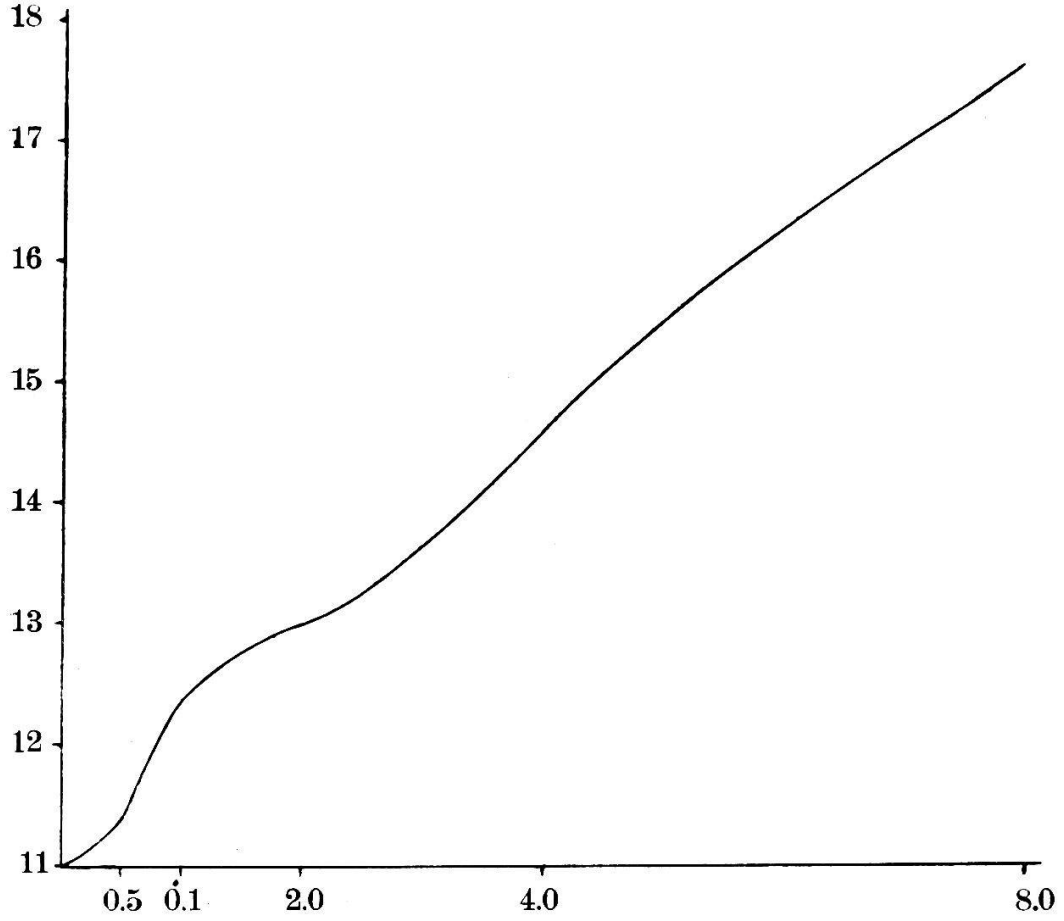
Weitere Versuche stellte ich mit *Spirogyra spec.* an. Die *Spiroyyra* stammte aus Hugstetten (Wiesengraben). Diese Alge hatte grosse Zellen von 200—500 μ Länge und 100 μ Breite und eignete sich vorzüglich für plasmolytische Untersuchungen. Dieselben konnten aber nicht mit derselben Genauigkeit durchgeführt werden, wie bei *Cylindrocystis*, weil die Fäden immer einige beschädigte Zellen aufwiesen; doch im allgemeinen konnte man die Grenzkonzentratien dadurch ermitteln, dass man die Zahl der plasmolysierten und nicht plasmolysierten Fäden berechnet. Es geschah auf die Weise, dass die *Spirogyra*-Fäden in kleinere Stücke zerschnitten wurden und in verschiedene Zuckerlösungen gebracht wurden. Die Konzentration galt als Grenzkonzentration, bei welcher 50% Fäden plasmolysiert wurden. Stellen wir die gewonnenen Resultate zusammen:[1])

Dauer der Einwirkung: 11 Tage.

Aussenkonzentration:		Grenzkonzentration:		Ueberdruck:
H_2O		11,00%	$C_{12}H_{22}O_{11}$	11%
0,5%	$C_{12}H_{22}O_{11}$	11,35%	»	11,85%
1,0%	»	12,37%	»	11,37%
2,0%	»	13,00%	»	11,00%
4,0%	»	14,58%	»	10,58%
8,0%	»	17,37%	»	9,37%

oder graphisch: (Kurve 5.)

[1]) Tabellen 37—42.



Kurve 5: Turgordruck von *Spirogyra*kulturen.

Aus der Tabelle ist ersichtlich, dass die Turgorsteigerung hier auch annähernd nach dem Weberschen Gesetz erfolgt.

Konzentration des Aussenmediums	0,5	0,5 2^1	0,5 2^2	0,5 2^3	0,5 2^4
Gef. Werte	11,35	12,37	13,00	14,58	11,37
		11,35+1,02	11,35+2.1,02	11,35+3.1,02	11,35+4.1,02
Web. Gesetz	11,35	12,37	13,39	14,41	15,43
Differenz	0	0	—0,39	+0,15	+1,92

b. Zeitlicher Verlauf der Turgorsteigerung.

Der Verlauf der Kurve und die Zahlen, die wir eben angeführt haben, lassen ohne Zweifel erkennen, dass die Zeit, während welcher die Algen der Einwirkung der Lösung ausgesetzt sind, ein wichtiger Faktor der Turgorsteigerung ist. Um diese Einwirkung der Zeit genauer zu untersuchen, habe ich Kulturen angestellt, die alle 2 Tage plasmolysiert wurden. Auch van Rysselberghe (17, pag. 38) hat nachgewiesen, dass die Tur-

gorsteigerung in Salz- und Zuckerlösungen nicht in demselben Tempo verläuft. «Dans les milieux salins, le *pouvoir osmotique définitif* correspondant à une solution est atteint d'autant plus tôt que cette solution est plus concentrée. Dans les milieux sucrés, c'est au contraire dans les solutions les plus diluées que la réaction osmotique dure le moins longtemps». Leider hat er die Angaben über den zeitlichen Verlauf der Turgorsteigerung nur für die Zeit von 5 Tagen angeführt. Es wäre von Interesse auch weiter die Turgorsteigerung zu verfolgen und deswegen habe ich meine Versuche während 14 Tagen ausgeführt.[1]) Die Ergebnisse dieser Untersuchungen können in folgender Tabelle zusammengestellt werden.

Zuckerkulturen:

Dauer der Einwirkung Tage	0,9%	1,8%	3,6%	7,2%
	Grenzkonzentrationen:			
2	10,20	10,28	10,42	10,63
4	10,33	10,60	11,00	11,44
6	10,52	10,88	11,31	11,54
8	10,52	10,82	11,26	11,60
10	10,32	10,61	11,00	11,28
12	10,58	10,86	11,33	11,58
14	10,53	10,89	11,24	11,94

Aus dieser Tabelle ist ersichtlich, dass die Turgorsteigerung ihr Maximum in 6 Tagen erreicht (bei 7,2% erst in 8 Tagen); die spätere Abnahme des Turgors muss wohl auf äusseren Einwirkungen beruhen, denn die Abnahme am 8—10 Tage ist ganz regelmässig in allen Kulturen zu konstatieren.

Was uns nun am meisten bei der Turgorsteigerung in Zuckerkulturen interessiert, nämlich das Webersche Gesetz, so ist dieses gültig für die Kulturen, die sich ganz dem Aussendrucke angepasst haben, also für die Kulturen, die wenigstens 6 Tage der Einwirkung der Zuckerlösung ausgesetzt waren. Ich will die Zahlen, die das Webersche Gesetz charakterisieren, und die gefundenen Werte zusammenstellen. Es scheint mir aber richtiger zu sein, nicht die Differenz des Turgordrucks bei der

[1]) Tabellen 43—49.

Konzentration 1,8 % und 9 % als Quotient der arithmetischen Progression zu nehmen, sondern den Mittelwert:

$$\frac{\text{Turgordruck in 7,2 \%iger Kultur} - \text{Turg. Druck in 0,8 \%iger Kultur}}{3}$$

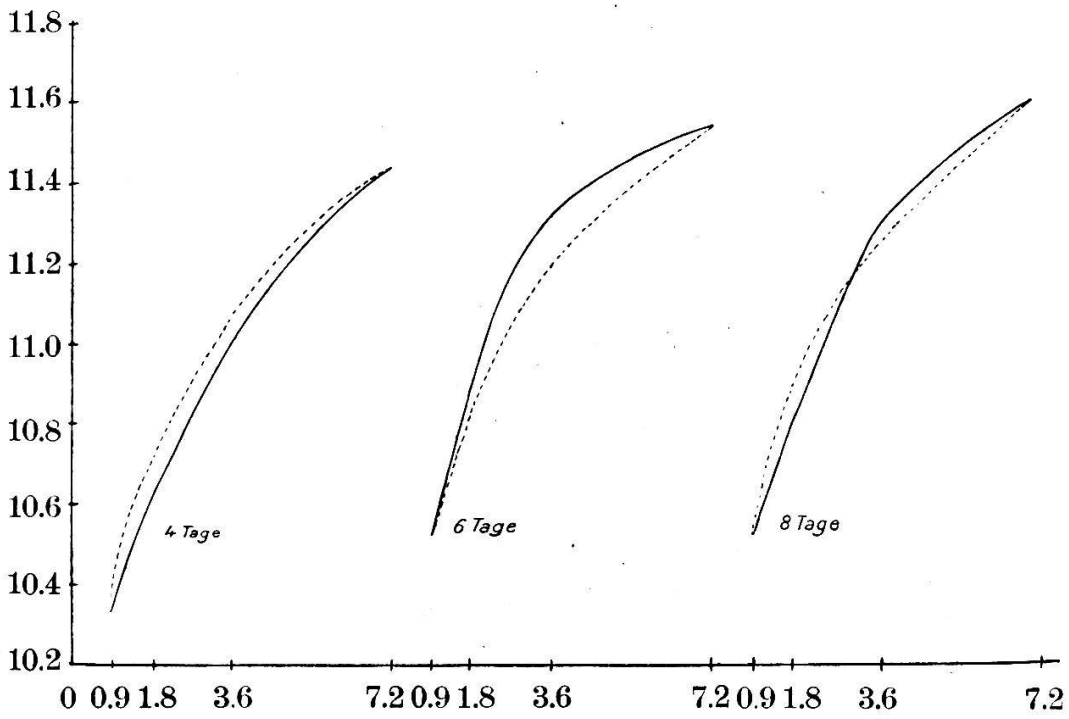
Dadurch werden die Fehler der Beobachtung eliminiert. Nach diesem Verfahren bekommen wir folgende Zahlenreihen:

2 Tage				
Konzentration des Aussenmediums	0,9	$0,9 \times 2$	$0,9 \times 2^2$	$0,9 \times 2^3$
Gefundene Werte	10,20	10,28	10,42	10,63
Web. Gesetz	10,20	10,34[1])	10,48	10,62
Differenz	0	— 0,06	— 0,06	+ 0,01
4 Tage				
Konzentration des Aussenmediums	0,9	$0,9 \times 2$	$0,9 \times 2^2$	$0,9 \times 2^3$
Gefundene Werte	10,33	10,60	11,00	11,44
Web. Gesetz	10,33	10,70	11,07	11,44
Differenz	0	— 0,10	— 0,07	0
6 Tage				
Konzentration des Aussenmediums	0,9	$0,9 \times 2$	$0,9 \times 2^2$	$0,9 \times 2^3$
Gefundene Werte	10,52	10,88	11,31	11,54
Web. Gesetz	10,52	10,86	11,20	11,54
Differenz	0	+ 0,02	+ 0,11	0
8 Tage				
Konzentration des Aussenmediums	0,9	$0,9 \times 2$	$0,9 \times 2^2$	$0,9 \times 2^3$
Gefundene Werte	10,52	10,82	11,26	11,60
Web. Gesetz	10,52	10,88	11,24	11,60
Differenz	0	— 0,06	+ 0,02	0
10 Tage				
Konzentration des Aussenmediums	0,9	$0,9 \times 2$	$0,9 \times 2^2$	$0,9 \times 2^3$
Gefundene Werte	10,32	10,61	11,00	11,28
Web. Gesetz	10,32	10,64	10,96	11,28
Differenz	0	— 0,03	+ 0,04	0

[1]) Der Quotient $q = \frac{10.63 - 10.20}{3} = 0,14$ (*Buchheim* 2, pag. 404).

12 Tage				
Konzentration des Aussenmediums	0,9	$0,9 \times 2$	$0,9 \times 2^2$	$0,9 \times 2^3$
Gefundene Werte	10,58	10,86	11,33	11,58
Web. Gesetz	10,58	10,86	11,24	11,58
Differenz	0	0	— 0,09	0
14 Tage				
Konzentration des Aussenmediums	0,9	$0,9 \times 2$	$0,9 \times 2^2$	$0,9 \times 2^3$
Gefundene Werte	10,53	10,89	11,24	11,94
Web. Gesetz	10,53	11,00	11,47	11,94
Differenz	0	— 0,11	— 0,23	0

Im Anschluss an diese Daten möchte ich noch einige Kurven, die den Verlauf des gefundenen Turgordrucks und den nach dem Weberschen Gesetz erforderlichen wiedergeben. (Kurve 6.)



Kurve 6: —— Verlauf d. Kurve nach den gefundenen Werten.
····· Idealer Verlauf nach dem Weberschen Gesetz.

Auch der Verlauf der Kurven zeigt deutlich, dass bei den Algen, die sich an die Konzentrationen der Zuckerlösungen angepasst haben, die Turgorsteigerung nach dem Weberschen

Gesetz verläuft. Daraus dürfte zu schliessen sein, dass es sich bei der Turgorsteigerung in Saccharose um eine Reaktion handelt auf den Reiz, der durch den Aussendruck auf die Zelle ausgeübt wird. Die Zelle produziert auf diese Reizung hin selbst die Stoffe, die zur Erhöhung ihres Turgors nötig sind. Es kann sich nicht darum handeln, dass der Rohrzucker in die Zelle permeiert und dadurch ihren Turgor erhöht, denn in dem Falle wäre es gänzlich unverständlich, dass die Turgorsteigerung dem Weberschen Gesetz folgt.

Algenkulturen in Salzlösungen (NaCl).

Aus den Versuchen, die wir im vorigen Kapitel beschrieben haben, sieht man wie sich die Algen zu den Zuckerlösungen verhalten. Im wesentlichen zeigen beide Kurven für *Cylindrocystis* und *Spirogyra* durchaus denselben Verlauf. Die Turgorzunahme bei Kulturen in Zuckerlösungen folgt dem Weberschen Gesetz.

Ein ganz anderes Verhalten sollen die Meeresalgen nach Drevs aufweisen. Drevs untersuchte verschiedene Vertreter der Meeresflora und auch *Spirogyra*. Nach seinen Angaben beruht die Steigerung des Turgordrucks in Salzlösungen auf einem einfachen Diffusionsvorgang. Je höher die Aussenkonzentration gewählt wird, um so mehr steigt der Turgordruck und zwar erfolgt diese Regulation des Turgordrucks parallel der Steigerung des Aussenmediums. In seinen Kulturen hat Drevs die Steigerung des Salzgehaltes auf verschiedene Weise durchgeführt.

1. Uebertragung in Medien, die sich um 0,5 % Salz abstuften.
2. Steigerung des Salzgehaltes durch freie Verdunstung.
3. Steigerung durch allmähliches Auflösen von Salz in Substanz.

Leider hat Drevs nicht die Dauer der Einwirkung des gesteigerten Meerwassers (in Tagen) auf die Algenkulturen angegeben: Er nahm an, (3, pag. 102) dass «die Regulation dann als geschehen zu erachten ist, wenn der Ueberdruck der Zelle gegenüber dem neuen Substrat gleich ist dem Ueberdruck der Zelle zum alten.» Ein wichtiges Ergebnis des eben Gesagten ist die

Tatsache, dass der Ueberdruck in diesem Fall immer derselbe bleibt (Ueberdruckskonstanz). Wollen wir diese Befunde von Drevs übersichtlich machen, so nehmen wir die Angaben, die Drevs für die Steigerung des Turgordrucks bei *Cladophora* gibt:

Stärke des Mediums in NaCl %	0,5;	1,00;	1,50;	2,00;	2,50;	3,00.
Ueberdruck . . . » »	1,7;	1,7;	1,6;	1,7;	1,6;	1,7.

Wir sehen, dass hier der Ueberdruck konstant bleibt. Diese Konstanz des Ueberdrucks scheint mir für alle Konzentrationen des Salzes und für Süsswasseralgen durchaus nicht zwingend zu sein. Jedenfalls scheint mir beim ganzen Vorgang der Turgorsteigerung in Salzlösungen auch die Zeit der Einwirkung derselben von grösster Bedeutung zu sein.

Um das Verhalten der Algen in dieser Beziehung zu prüfen, unternahm ich Versuche mit Salzlösungen. Ich kultivierte wieder *Cylindrocystis Brebissonii*. Die Alge stammte aus Erlenbruck (21. VII. 13). Ich wählte die Konzentration so, dass man dieselben mit meinen Zuckerkonzentrationen vergleichen konnte, nämlich: 0,10; 0,20; 0,30; 0,40; 0,50; 0,60; 0,70 und 0,80 % NaCl, dass folgenden Zuckerkonzentrationen entsprach: 1,25; 2,18; 3,36; 4,40; 5,49; 6,40; 7,68 %.

Um die Resultate übersichtlicher zu machen gebe ich gleich die Zahlen, die ich für 2 Versuchsreihen mit *Cylindrocystis* gefunden habe, an.

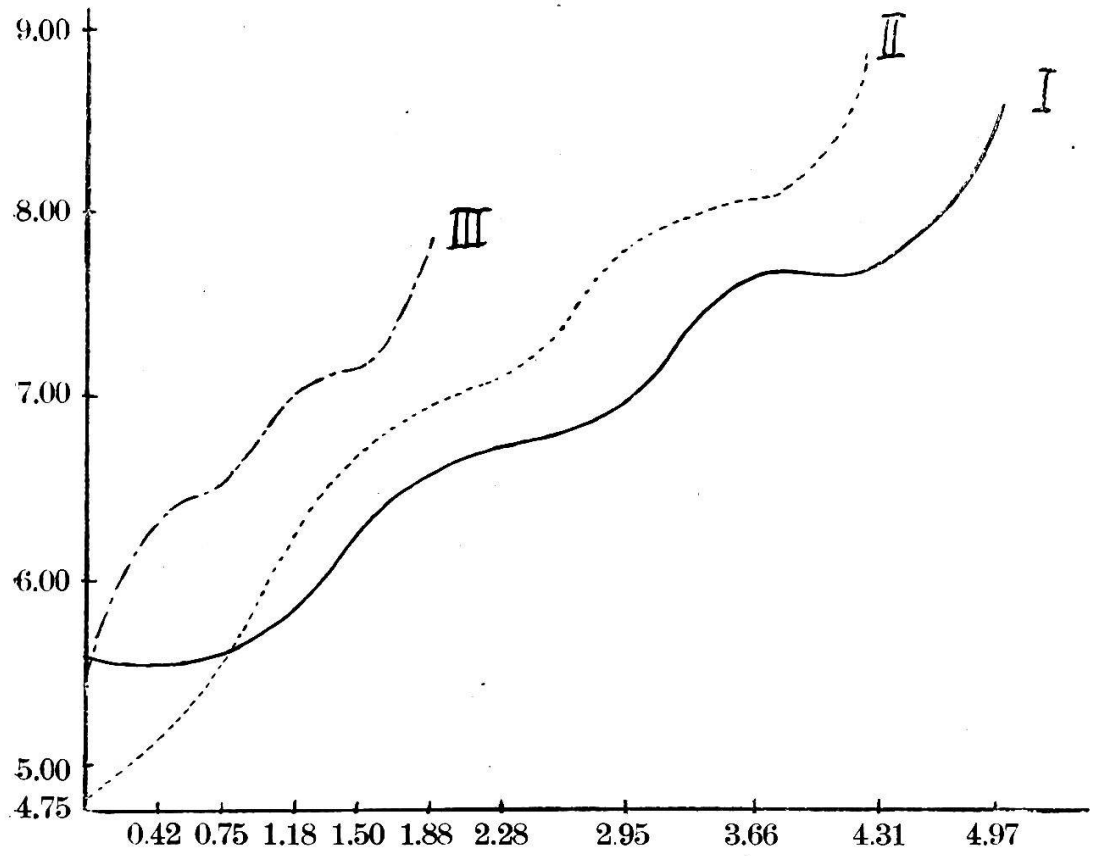
Aussenkonzentration[1]) in NaCl %	Grenzkonzentrationen[2]) I. in $C_{12}H_{22}O_{11}$ %	II.
H_2O	8,42	7,25
0,1	8,54	8,52
0,2	9,66	10,33
0,3	10,44	12,05
0,4	10,81	12,23
0,5	12,03	12,59
0,6	11,97	14,05
0,7	13,52	

[1]) Tabellen 50—65.
[2]) Tabellen 65—72.

oder in Atmosphären:

	I. (4—6 Tage) Drucke		II. (18—25 Tage) Drucke	
i. d. Lösg.	i. d. Zellen	Ueberdruck	i. d. Zellen	Ueberdruck
0	5,52	5,52	4,79	4,79
0,75	5,60	4,85	5,58	4,83
1,50	6,30	4,80	6,70	5,20
2,28	6,77	4,49	7,14	4,86
2,95	7,00	4,05	7,85	4,90
3,66	7,71	4,05	8,07	4,41
4,31	7,69	3,38	8,93	4,62
4,97	8,61	3,64		

Bei Abstufungen des Aussenmediums von 0,05 % NaCl bekam ich für *Cylindrocystis* folgende Resultate:

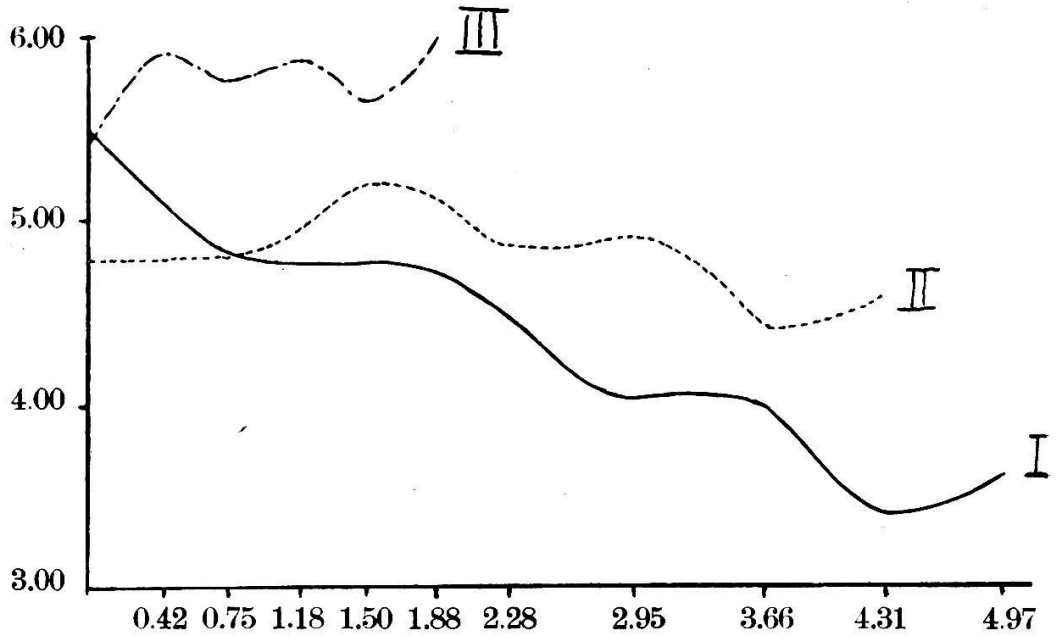


Kurve 7: —— Turgordruck in der I. Versuchsreihe.
..... » » » II. »
-..... » » » III. »

III.
(50 Tage)

Aussenkonzentr. in NaCl —%	Innendruck in Zucker %	Aussen-konzentration	Innendruck	Ueberdruck
		in Atmosphären		
H_2O	8,26	0	5,42	5,42
0,05	9,70	0,42	6,32	5,90
0,10	10,02	0,75	6,51	5,76
0,15	10,83	1,18	7,01	5,89
0,20	11,09	1,50	7,15	5,65
0,25	12,31	1,88	7,89	6,01

Um diese Ergebnisse anschaulicher zu machen, stellen wir sie graphisch dar: (Kurve 7 und 8.)



Kurve 8: —— Ueberdruck in der I. Versuchsreihe.
..... » » » II. »
..... » » » III. »

Wir sehen, dass der Ueberdruck bei sehr langer Einwirkung der Lösung (50 Tage) konstant bleibt (Versuchsreihe III). Die Versuchsreihe II (18—25 Tage) gibt ganz analoge Resultate. Doch bei noch kürzerer Einwirkung des Salzes (4—6 Tage) nimmt der Ueberdruck bei höheren Konzentrationen ab (Versuchsreihe I). Daraus kann man schliessen, dass bei längerer

Einwirkung des NaCl bis zum Konzentrationsgleichgewicht eindringt.[1])

Meine Versuche, das eingedrungene Salz mikrochemisch nachzuweisen, scheiterten; ich konnte weder mit $AgNO_3$ noch mit Tl_2SO_4 das Chlor im Zellinnern nachweisen. Ich glaube, dass in so kleinen Zellen, wie *Cylindrocystis* die Kristallisationsverhältnisse sich so gestalten, dass es unmöglich ist, ausgebildete Kristalle zu bekommen. Andere Methoden, etwa durch Exosmose das Salz in der Aussenlösung nachzuwelsen, wurden verworfen, da es unmöglich ist, das anhaftende Salz quantitativ abzuwaschen. Doch die gefundenen Ergebnisse lassen keinen Zweifel daran, dass die Turgorsteigerung in Salzlösungen ganz anders als in Zuckerkulturen verläuft: dort gilt das Webersche Gesetz, hier ist die Turgorsteigerung dem Salzgehalt proportional. Ausserdem konnten wir in Zuckerkulturen auch bei langer Einwirkung von Zucker keine Konstanz des Ueberdrucks bemerken, während die Salzkulturen eine solche Konstanz bei langer Einwirkung des NaCl aufwiesen. Wir haben es hier mit der Tatsache zu tun, dass eine und dieselbe Alge sich verschieden zu Zucker- und Salzlösungen verhält. Ein solcher Fall ist bisher noch nicht bekannt.

Ob die Ursache dieser Differenz in der Turgorregulation darauf beruht, dass Saccharose und NaCl ihrem Wesen nach als Nichtelektrolyt und Elektrolyt sich gegenüberstehen, ist nicht ohne weiteres zu entscheiden; doch ist es nicht ausgeschlossen, dass die Dissoziation des Salzes bei der Turgurregulation eine gewisse Rolle spielen kann.

Wenn meine Ergebnisse mit Salzkulturen eine Diffusion des Salzes bewiesen haben, so stehen sie den Befunden von van Rysselberghe (der ja den Verlauf der Turgorsteigerung auch in Salzlösungen nach dem Weberschen Gesetz gefunden hat), nicht so scharf gegenüber. Auch van Rysselberghe hat

[1]) Es ist nicht ganz ausgeschlossen, dass bei 50tägiger Einwirkung des Salzes ausser Diffusion noch andere Ursachen bei der Turgorsteigerung mitspielen; hier wächst der Torgordruck stärker, als es nach der Aussenkonzentration zu erwarten ist. Man könnte vielleicht an eine Reizwirkung des Aussenmediums denken. Doch ist diese Frage zu wenig geklärt, um sich darüber mit Bestimmtheit zu äussern.

eine kleine Differenz im Verhalten von *Tradescantia discolor* zu Zucker- und Salzlösungen konstatiert. Wenn aber diese Differenz nicht so deutlich zu Tage kommt, so ist es nach meiner Meinung dadurch bedingt, dass er seine Versuchsobjekte nicht so lange der Einwirkung der Lösungen ausgesetzt hat. Es ist jedenfalls noch einmal zu betonen, dass bei Salzkulturen die Zeit der Einwirkung des Aussenmediums von hoher Bedeutung ist, da bei geringem Konzentrationsgefälle die Diffusion nur langsam sich vollzieht.

Was *Spirogyra* anbetrifft, so konnte ich jedenfalls nach meinen Versuchen mit Meerwasser die Tatsache bestätigen, dass der Ueberdruck (wenigstens für 2 Abstufungen der Konzentration, die ich untersucht habe) konstant bleibt. (s. S. 10.)

Leider konnte ich keine Versuche mit Salzlösungen mit *Spirogyra* anstellen. Einige Versuche, die ich unternahm, gaben keine genauen Resultate, da die Alge die Salzlösungen sehr schlecht vertrug.

Versuche mit *Chaetomorpha aerea.*

In den vorigen Kapiteln habe ich meine Versuche mit Süsswasseralgen ausführlich berichtet. Es war von Interesse, zu vergleichen, wie sich die Meeresalgen zur Konzentrationsänderung verhalten und ob ein prinzipieller Unterschied zwischen Meeres- und Süsswasseralgen in dieser Hinsicht besteht.

Meine Versuche wurden in Villefranche[1]) im März und April 1913 angestellt. Als Versuchsobjekt eignete sich besonders *Chaetomorpha*, die in reichlichen Mengen an den Steinen der Bucht wuchs. Die Fäden dieser Alge haben eine Länge von 15 bis 25 cm und eine Breite von 160 bis 180 μ — basaler Teil bis 280—300 μ — obere Partie. Störend war bei dieser Alge nur die äusserst dicke Membran, die besonders an der Basis stark ausgebildet war und fast 20 % der Zellenbreite ausmachte. Als plasmolysierende Lösung wurde wieder Saccharose verwendet.

Bei den unten geschilderten Versuchen ist die Konzentration als Grenzkonzentration bezeichnet, bei welcher ungefähr die Hälfte der Zellen im Faden plasmolysiert war. Schon bei Zuckerkonzentrationen von 32—34 % lässt sich eine kaum merkliche Ab-

[1]) Im Laboratoire russe de zoologie.

hebung des Protoplasten beobachten; die Membran wird deutlicher abgegrenzt, die Schichtungen derselben werden stärker. Diese Stufe der Plasmolyse lässt sich aber nie sehr genau erkennen. Darum wählte ich für meine Messungen stets die Konzentration als Grenze, bei welcher der ganze Vorgang etwas weiter vorgerückt ist und der Protoplast sich deutlich von den Wänden der Zellen abhebt.

Die dem Meere entnommene *Chaetomorpha* plasmolysiert in Zuckerkonzentrationen von 46—52 %. Die Variation des Turgordrucks ist also ziemlich erheblich; darum nahm ich bei meinen Untersuchungen Stücke eines und desselben Algenfadens und liess auf sie verschiedene Konzentrationen von Zucker einwirken. Das hindert nicht, später Mittelwerte zu nehmen; die Mittelwerte können auch in diesem Fall besser das Verhalten der Algen bei Kulturen in verschiedenen Lösungen charakterisieren.

Bei Versuchen mit einem und demselben Algenfaden konnte man nachweisen, dass der Turgordruck in der oberen und basalen Partie nicht derselbe war. So entnehmen wir aus dem vorigen Versuche, dass die obere Partie einen Druck = 47 % Zucker aufwies. (Breite 280—300 μ), dagegen die untere nur 45,5 % (Breite 160—180 μ).

Untere Partie:	Obere Partie:
9. IV. 13: Anfang des Versuches 4.20	Anfang des Versuches 5.38
52 % 5.18: alle Zellen schw. plasmol. (51)[1]	52 % 6.21: 13 Zellen stark plasmolysiert (21)
50 % 5.20: alle Zellen schw. plasmol. (31)	50 % 6.23: 10 Zellen stark plasmolysiert (21)
48 % 5.21: 15 Zell. stk. plasmol. (50)	48 % 6.25: 17 Zellen stark plasmolysiert (17)
46 % 5.23: alle » » » (38)	46 % 6.28: schw. Plamolyse (29)
44 % 5.25: kaum merkl. Plasmolyse (28)	44 % 6.30: » » (23)
40 % 5.28: » » » (28)	40 % 6.31: keine » (47)
36 % 5.27: keine Plasmolyse (26)	
Grenzkonzentration 45 %	Grenzkonzentration 47 %
10. IV. 13. untere Partie (160—180 μ)	obere Partie (360—380 μ)

[1]) Die eingeklammerten Zahlen bedeuten die Gesamtzahl der im Faden enthaltenen Zellen.

Untere Partie:

Anfang des Versuches 10.30
52 % 11.23: Zellen alle stk. plasmolysiert (29)
48 % 11.15: Zellen alle stk. plasmolysiert (39)
44 % 11.18: kaum merkl. plasmolysiert (38)
40 % 11.20: keine Plasmol. (25)
Anfang des Versuches 10,32
50 % 11.25: plasmolysiert (28)
46 % 11.28: schwache Plasmolyse (28)

Grenzkonzentration 46 %.

Obere Partie:

Anfang des Versuches 4.32
52 % 5.22: alle Zellen deutlich plasmolysiert (22)
48 % 5.24: alle Zellen deutlich plasmolysiert (24)
44 % 5.25: keine Plasmolyse (20)
40 % 5.26: » » (16)
Anfang des Versuches 4.34
50 % 5.28: 7 Zellen deutlich plasmolysiert (12)
46 % 5.30: 6 Zellen deutlich plasmolysiert (14)
42 % 5.32: keine Plasmolyse (8)

Grenzkonzentration 47 %.

Da das Meerwasser selbst schon einen hohen osmotischen Druck aufweist, so wurde versucht, *Chaetomorpha* sowohl an niedrigere als auch an höhere Aussendrucke anzupassen. In der Literatur fand ich keine Angaben, wie sich Meeresalgen beim allmählichen Uebertragen in Süsswasser verhalten. Es schien mir lohnend, solche Versuche mit *Chaetomorpha* anzustellen. Ich versuchte zuerst ganz allmählich *Chaetomorpha* an destilliertes (im Glas) Wasser zu gewöhnen. Aber diese Versuche scheiterten und es gelang mir, die Konzentration des Meerwassers nur bis auf 20 % herabzusetzen; im destillierten Wasser starb *Chaetomorpha* schon nach 1—2 Tagen: die Fäden verloren die Elastizität, der Protoplast schrumpfte ein. Die Kulturen in 80, 60, 40 und 20 % Meerwasser waren noch nach 5—8 Tagen vollkommen lebensfähig. Weitere Versuche hatten die Aufgabe, den Turgordruck der Algen, die in 20, 40, 60, 80 und 100 % Meerwasser kultiviert waren, zu bestimmen. Die Bestimmung geschah nach derselben Methode; ich will hier einige Versuche anführen:

11. IV. 13. (100 % Meerwasser-Kultur v. 7. IV.)

Anfang des Versuches 3.24.

54 % 3.58: alle Zellen plasmolysiert (11)
52 % 3.59: 5 Zellen » (11)

50 % 4.01: keine Plasmolyse
48 % 4.02: » » (14)
Grenzkonzentration: 52 %.
(80 % Meerwasser-Kultur v. 7. IV.)
Anfang des Versuches: 4.20.
52 % 5.16: alle Zellen stark plasmolysiert (17)
50 % 5.17: » » » » (17)
48 % 5.19: keine Plasmolyse (19)
Grenzkonzentration: 49 %.
(60 % Meerwasser-Kultur v. 7. IV. 13).
Anfang des Versuches: 5.15.
50 % 5.48: 11 Zellen stark plasmolysiert (13)
48 % 5.50: schwache Plasmolyse (6)
Grenzkonzentration: 48 %.
(40 % Meerwasser-Kultur v. 7. IV. 13).
Anfang des Versuches: 4.04.
48 % 5.10: starke Plasmolyse (7)
44 % 5.04: schwache Plasmolyse (7)
42 % 5.06: keine deutliche Plasmolyse (12)
Grenzkonzentration: 44 %.

In diesen Versuchen sind die Kulturen, die mit Stücken eines und desselben Algenfadens angestellt wurden, behandelt. Darum kann man dieselben Zahlen vergleichen, denn sie charakterisieren die Turgorsteigerung bei demselben Individuum. Weitere Versuche, die mit solchen Kulturen unternommen wurden, will ich hier nicht anführen. Ich gebe dagegen die aus meinen Untersuchungen gewonnenen Mittelwerte an.

Dauer der Einwirkung	Kulturen in Meerwasser %	Zucker %	Turgordruck
	20 %	8 %	36,75 %[1])
	40 %	16 %	42,12 %
4—6 Tage	60 %	24 %	45,40 %
	80 %	32 %	47,90 %
	100 %	40 %	48,80 %

In der Tabelle habe ich ausser Meerwasserkonzentration noch die Konzentration des Aussenmediums in Zuckerprozenten

[1]) Mittelwerte aus 5—10 Versuchen.

gebracht; es geschah mit Rücksicht auf meine weiteren Versuche, um ein einheitliches Mass zum Vergleich der Aussenkonzentration zu haben. Um den osmotischen Wert des Meerwassers zu bestimmen, habe ich Kulturen in verdünntem Wasser genommen. Da die Kulturen in verdünntem Meerwasser einen immer niedrigeren Turgordruck aufwiesen, dachte ich, den Turgordruck vermittelst dieser Methode noch tiefer herabzusetzen; man konnte schliesslich solch einen Turgordruck erzielen, bei welchem schon das Uebertragen in das normale Meerwasser Plasmolyse herbeiführt. Durch die Bestimmung mittelst Zuckerlösung des Turgordrucks der Algen, die aus solch einer Kultur stammten, erhält man den osmotischen Wert des Meerwassers.[1]) Es gelang mir aber nicht, solch eine verdünnte Kultur lebensfähig zu erhalten. Darum benutzte ich die 20- und 40 %igen Meerwasserkulturen und versuchte die Algen, die aus diesen Kulturen stammten, durch gesteigertes (durch Verdunsten) Meerwasser zu plasmolysieren. Meine Resultate stimmten nicht mit den Ergebnissen der chemischen Analyse[2]) überein; ich bestimmte den osmotischen Druck des Meerwassers als Aequivalent einer 34 %igen Zuckerlösung.[3]) Aus den Ergebnissen der Analyse in Monaco musste man denselben als 46 % Zuckerlösung aequivalent annehmen. Dieser Unterschied ist durch folgendes zu erklären: Es konnte möglich sein, dass bei der Steigerung des Salzgehaltes durch Verdunstung nicht alles Salz in Lösung blieb und deshalb wurde Plasmolyse erst bei viel konzentrierteren Lösungen erreicht, als es sonst der Fall wäre. Deswegen und auch wegen der Permeabilität der Plasmahaut für Salzlösungen könnte unsere Berechnung einen so kleinen osmotischen Wert des Meerwassers ergeben. Im folgenden werden wir den osmotischen Wert des

---

[1]) Unter osmotischer Wert des Meerwassers verstehen wir die entsprechende Konzentration einer Zuckerlösung, welche dieselbe plasmolytische Wirkung ausübt als das Meerwasser.

[2]) Dr. M. Oxner. Institut Océanographique Monaco.

Die Analyse ergab:

Chlorgehalt = 20,96 ‰
Salzgehalt = 37,86 »
Spez. Gew. = 1,0344

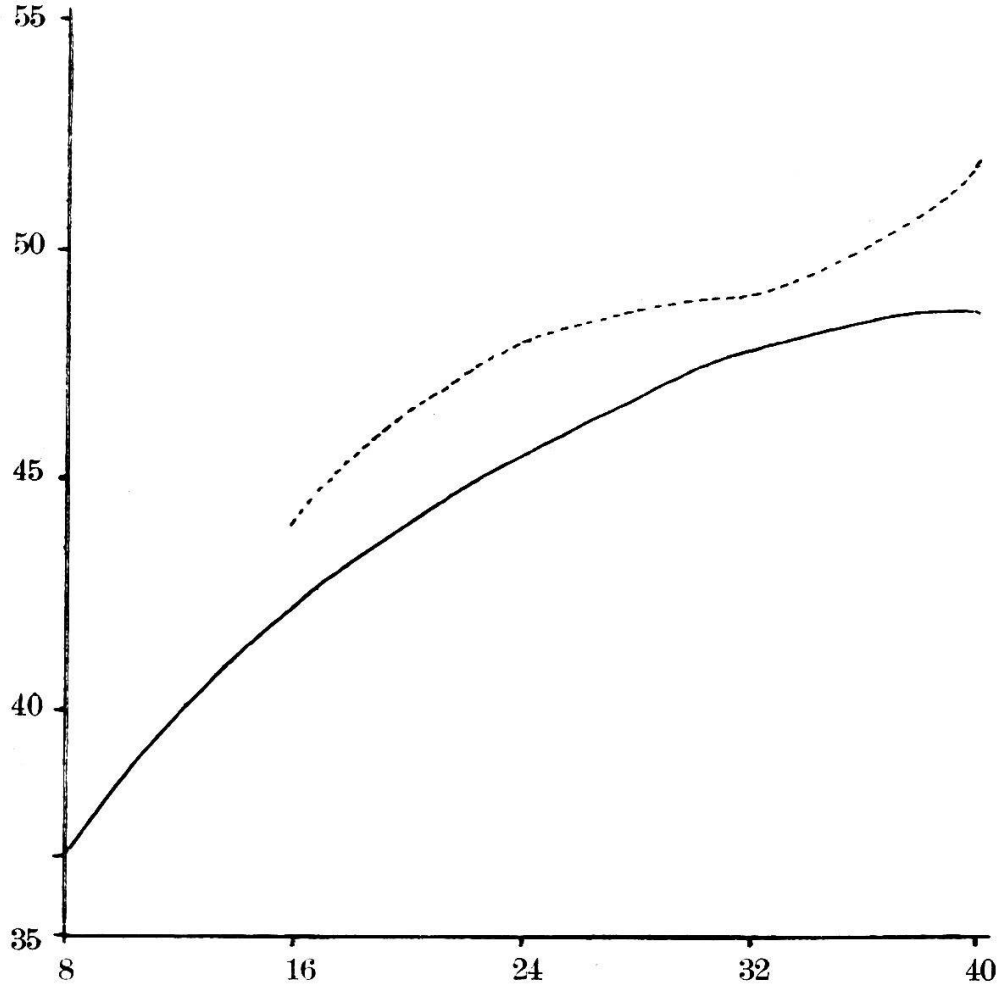
} Hydrograph. Tabellen von Martin Knudsen, Kopenhagen, 1901.

Daraus ergibt sich der osmotische Druck = 25,04 Atm. = 46,5 % Zucker.

[3]) Siehe Anhang.

Meerwassers als Aequivalent einer 40 %igen Zuckerlösung annehmen. Die Annahme 46 % Zucker kann deshalb nicht gemacht werden, weil die Kultur in Meerwasser + 21 % Zucker also gleich 67 % Zucker (nach der Annahme Meerwasser = 46 % Zucker) noch vollkommen lebensfähig war und dieselbe Kultur plasmolysierte in 62 % Zuckerlösung! Also hat sie einen negativen Ueberdruck — 5 % Zucker ergeben!?

Doch kehren wir zu den Ergebnissen unserer früheren Versuche mit verdünntem Meerwasser zurück und stellen sie zur besseren Uebersicht graphisch dar. (Kurve 9.)



Kurve 9: —— Mittelwerte des Turgordruckes aus 5–6 Versuchen bei *Chaetomorpha*.
····· Individuelle Turgordruckkurve für einen Faden von *Chaetomorpha*.

Der Verlauf der Turgorkurve in 20, 40, 60, 80 und 100 % Meerwasser ist ganz analog dem Verlauf, welchen die Turgor-

kurven von *Cylindrocystis* und *Spirogyra* in Zuckerlösungen aufweisen. Es scheint bei Verdünnung des Meerwassers keine Exosmose des Salzes in grösseren Mengen stattzufinden (Janse (8) konnte auch kein Exosmieren von NaCl und KNO_3 bei *Spirogyra* konstatieren), denn die Turgorabnahme ist hier nicht der Konzentrationsabnahme proportional. Doch auch das Webersche Gesetz ist für verdünnte Meerwasserkulturen nicht gültig.

Nun möchte ich meine Versuche mit *Chaetomorpha* in Zuckerkulturen berichten. Reine Zuckerkulturen (Zuckerkultur in destilliertem Wasser) zu bekommen, war ziemlich schwer. Die Bedingungen des Versuches waren offenbar zu verschieden von den natürlichen Lebensbedingungen der Meerwasseralgen. Die meisten Kulturen sind eingegangen. Mir gelang es nur bei 30, 35 und 40 %iger Zuckerkultur den Turgordruck festzustellen.

30 % Zuckerkultur von 9. IV. — 14. IV. 1913.
Anfang des Versuches: 3. 43.
35 % 4.08: alle Zellen deutlich plasmolysiert (16)
Grenzkonzentration: 3.25 %?
35 % Zuckerkultur v. 10. IV. — 15. IV. 13.
Anfang des Versuches 10. 20.
46 % 10.58: starke Plasmolyse (30)
44 % 11.14: 4—5 Zellen plasmolysiert (23)
42 % 10.59: 9 Zellen plasmolysiert (17)
40 % 11.02: keine merkliche Plasmolyse (21)
38 % 11.00: keine Plasmolyse (18)
Anfang des Versuches: 11. 07.
46 % 11.51: sehr starke Plasmolyse (14)
44 % 11.50: schwache Plasmolyse (17)
42 % 11.49: » » (12)
40 % 11.48: keine » (17)
Grenzkonzentration: 44 %.
40 % Zuckerkultur v. 9. IV. — 15. IV. 13.
Anfang des Versuches:
52 % 12.09: starke Plasmolyse (25)
50 % 12.08: » » (19)
48 % 12.07: deutliche Plasmolyse (23)
46 % 12.06: » » (20)
44 % 12.04: 5 Zellen plasmolysiert (24)
Grenzkonzentration: 46 %.

Weitere Versuche unternahm ich mit 50 %igem Meerwasser, dem 10, 20 und 30 % Zucker zugefügt wurden; auf diese Weise wollte ich den Unterschied der Turgorregulation in isotonischen Lösungen (Meerwasser und 50 %iges Meerwasser + Zucker) feststellen.

Kulturen vom 13. IV. 13.

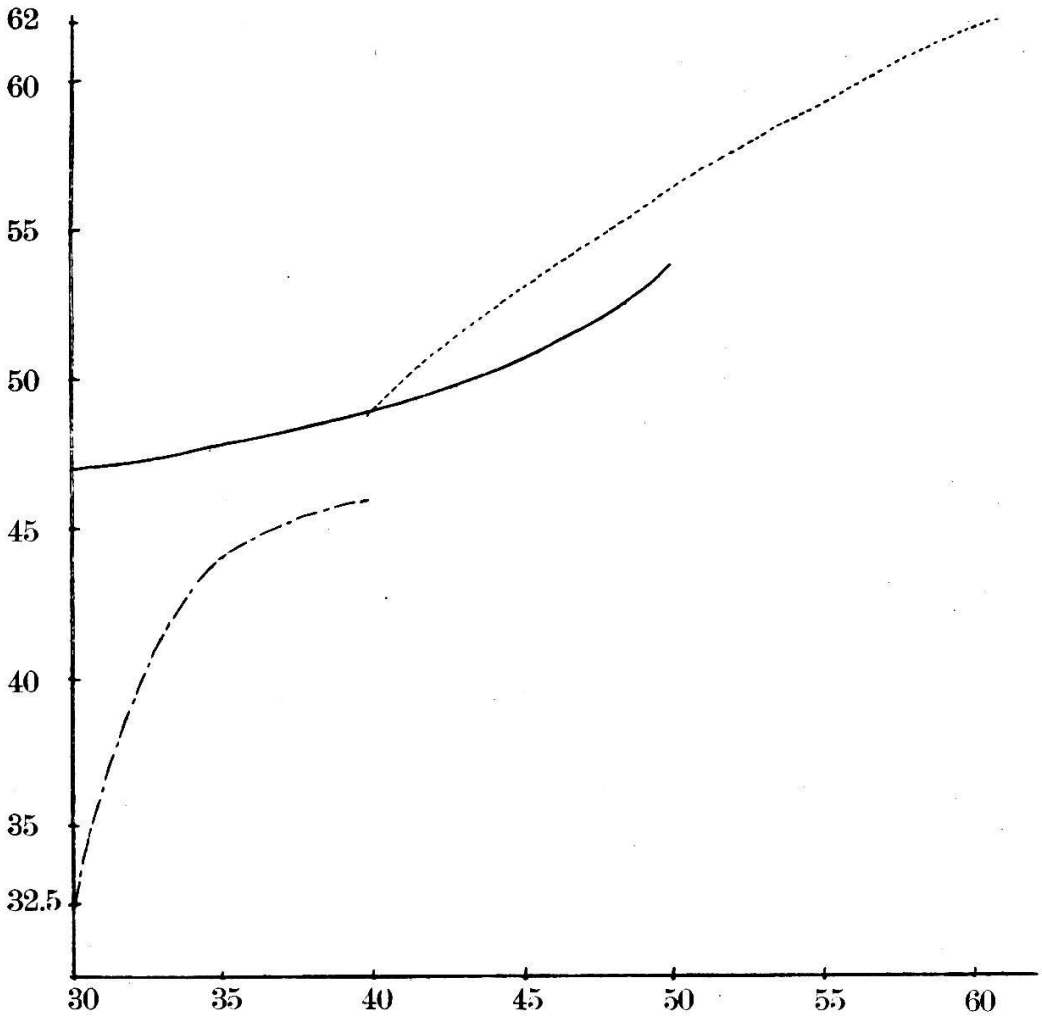
50 % Meerwasser + 10 % $C_{12}H_{22}O_{11}$.
dasselbe + 20 % id.
dasselbe + 30 % id.
dasselbe + 40 % id. } plasmolysiert.
dasselbe + 50 % id. }

17. IV. 50 % Meerwasser + 30 % Saccharose.
Anfang des Versuches: 9.28.
60 % 10.00: alle Zellen plasmolysiert
Anfang des Versuches: 10,24.
58 % 11.01: alle Zellen stark plasmolysiert (39)
56 % 11.00: 12 Zellen stark plasmolysiert (20)
54 % 10.59: 5 Zellen deutlich plasmolysiert (19)
52 % 10.58: kaum merkliche Plasmolyse (35)
Grenzkonzentration: 54 %.
50 % Meerwasserkultur + 20 % Saccharose.
Anfang des Versuches: 11.08.
54 % 11.52: alle Zellen stark plasmolysiert (21)
52 % 11.51: alle Zellen deutlich plasmolysiert (24)
50 % 11.50: » » » » (20)
48 % 11.49: 2 » » » (11)
Grenzkonzentration: 49 %.
50 % Meerwasserkultur + 10 % Saccharose.
Anfang des Versuches: 11.12.
52 % 11.56: starke Plasmolyse (15)
50 % 11.55: » » (24)
48 % 11.54: deutliche Plasmolyse (16)
46 % 11.53: schwache » (19)
Grenzkonzentration: 47 %.

Ich möchte noch erwähnen, dass ich auch Versuche mit Meerwasser + 11 % Zucker und Meerwasser + 21 % Zucker ausgeführt habe. Die gewonnenen Zahlen stelle ich hier zusammen.

Dauer der Einwirkung	Konzentration des Aussenmediums	Konzentrat. d. Aussenmed. in Zucker %	Grenzkonzentr. in Zucker %
5 Tage		30	35,5
		35	44
		40	46
4 Tage	50 % Meerw. + 10 % Saccharose	30	47
	50 % » + 20 % »	40	49
	50 % » + 30 % »	50	54
	80 % »	32	47,9
	100 % »	40	48,8
5—6 Tage	100 % » + 11 % »	51	57
	100 % » + 21 % »	61	62

oder graphisch: (Kurve 10).



Kurve 10: —— 50 % Meerwasser + Zuckerkultur von *Chaetomorpha*.
—··· 100 % Meerwasser + Zuckerkultur von *Chaetomorpha*.
—·— Zuckerkultur von *Chaetomorpha*.

Man kann aus dem Verlauf der Kurve schliessen, dass die Meerwasserkulturen einen höheren Turgordruck ausüben, als die entsprechenden 50 % Meerwasser + Zucker oder Zuckerkulturen. Hier sieht man also wieder, dass die Konzentrationssteigerung durch Salz eine grössere Turgorsteigerung bewirkt, als diejenige, die durch Zucker verursacht wird. Also ist anzunehmen, dass das Eindringen des Salzes jedenfalls bei der Turgorsteigerung bei Meeresalgen mitspielt.

Biologische Beobachtungen.

Im Anschluss an meine Untersuchungen wird es von Interesse sein, sich etwas näher mit den Lebensbedingungen, denen die Algen in Moortümpeln unterliegen, zu befassen. Die wichtigsten Faktoren, die hier in Betracht kommen, sind: chemische Zusammensetzung des Wassers, Wärme und Licht. Fast allgemein ist die Auffassung vertreten, dass das Moorwasser eine stark saure Reaktion aufweist, die auf Vorhandensein von Humussäuren beruht. Nach den Untersuchungen von Endel (5) ist die Acidität des Moorwassers gleich 0,007 bis 0,008 HCl. Die saure Reaktion soll durch freie Kohlensäure bedingt sein. Auch andere Untersuchungen, besonders die von A. Baumann (1) bringen neues Licht in das ganze Problem der Humussäuren. Für uns ist von Bedeutung, dass das, was man unter Humussäuren versteht, ein Komplex von kolloidalen Stoffen ist, die ganz eigenartige Reaktionen mit Salzen der Mineralsäuren aufweisen. An dieser Stelle möchte ich nicht näher auf die Ergebnisse der Humussäure-Forschung eingehen. Ich möchte nur nochmals betonen, dass die kolloidale Natur der Säuren besonders wichtig für die Pflanzen der Moore zu sein scheint, da in diesem Falle die Säuren den grössten Teil ihres schädigenden Einflusses eingebüsst haben, weil sie fast gar nicht dissoziiert sind. Was die übrigen Substanzen des Moorwassers anbetrifft, so möchte ich erwähnen, dass in Bezug auf Salze die Moorwasser sehr arm sind. Nach Ramann (19) besitzen die Hochmoore 1—3 Teile Mineralsubstanzen auf 100,000 Teile Wasser. Die Wasser der Flachmoore sind reicher an löslichen Substanzen (etwa die zehnfache Menge der Hochmoore). Das Moorwasser enthält relativ viel Kali, SiO_2 und P_2O_5. In grösseren Mengen sind organische

Substanzen vorhanden, die auch die strohgelbe Färbung des Moorwasser veranlassen.

Ganz im Einklang mit dem, was wir gegenwärtig über die Zusammensetzung des Moorwassers wissen, stehen auch meine eigenen Untersuchungen.

Ich habe versucht, den «osmotischen Wert» des Moorwassers zu bestimmen, indem ich für plasmolytische Versuche Zuckerlösungen aus destilliertem Wasser und aus Moorwasser bereitete. Ich möchte hier einen dieser Versuche anführen.

Erlenbruck, 3. X. 1913. Farbe blassgelb.

	Plasmol - Lösung Stärke in Zucker %	Dauer der Einwirkg. Min.	Zahl der beobachteten Zellen +[1])	—[2])	Summe	+ in %	Grenzkonzentr. in Zucker %
Moorwasser	7,00	62	209	873	1082	19,3	
	7,25	77	380	577	957	39,7	
	7,50	99	378	355	733	51,6	7,47
Aqua destillata	7,00	98	129	850	979	13,2	
	7,25	67	109	491	600	18,2	
	7,50	82	340	359	699	48,6	7,51

Diese geringen Schwankungen der Grenzkonzentrationen können vernachlässigt werden und man kann mit grosser Sicherheit annehmen, dass der «osmotische Wert» des Moorwassers annähernd gleich 0 ist; aus anderen Versuchen habe ich folgende Zahlen für Grenzkonzentrationen gefunden: 7,72 und 7,98.

Bevor ich zur Besprechung der Wärmeverhältnisse in den Mooren übergehe, möchte ich noch einmal auf die zwei verschiedenen Vegetationsformen von *Cylindrocystis* hinweisen. Schon an anderer Stelle habe ich erwähnt, dass diese Alge in Form von Flocken in den Tümpeln auftritt, und zwar 1. in Form von untergetauchten Flocken, die am Boden sich niedersetzen und 2. in schwimmender Form, die eine Art Haut an der Oberfläche der Lachen bildet. Wie meine Untersuchungen ergeben haben, ist der Turgordruck der Algen in schwimmenden Flocken wesentlich niedriger als derjenige in untergetauchten, am Boden haftenden Algenkomplexen. So fand ich bei schwimmenden Algen den Turgordruck gleich 6,25 %[3]) Zucker, während die untergetauchten Algen den Druck gleich 7.29 % Zucker ergaben.[4])

[1]) + bedeutet plasmol. Zellen.
[2]) — bedeutet unplasmol. Zellen.
[3]) Tabelle 73.
[4]) Tabelle 72.

Auch andere Lebensäusserungen gestalten sich in den zwei Vegetationsformen ganz verschieden. So fand Kauffmann,[1]) dass die Intensität der Teilung bei den untergetauchten Algen grösser ist als bei den schwimmenden. Wovon diese Erscheinung abhängt, ist nicht ohne weiteres ersichtlich, doch es scheint, dass in diesem Falle die grösste Bedeutung der Temperatur beigemessen werden muss. Die Temperaturverhältnisse in den Mooren sind ganz eigenartig und ich möchte jetzt etwas näher darauf eingehen. Um den Verlauf der Temperatur während eines Tages festzustellen, habe ich mit Rabanus Messungen in Erlenbruck unternommen, die folgende Zahlen ergaben:

Zeiten	Luft	Tümpel I	Tümpel II	Tümpel III Oberfl.	Tümpel III 1 Meter tief	Tümpel IV
16. VI. 1913.						
6 Uhr	6,5°	7°	7,75°	13°	12°	6,25°
8 »	15,5°	12°	12°	12°	12°	15,5°
10 »	19,5°	18,5°	24—25,5°	19°	13°	27°
12 »	21—22°	23°	31—26,5°	23,5°	14°	28°
2 »	22°	26 - 27°	26 - 25°	24,25°	15°	25,5°
4 »	18°	25°	23,5—31°	22,5°	16°	25,5°
6 »	20,5°	20—20,5°	22,5—20°	22,75°	15,5°	21,5°
8 »	14,5°	16—15°	15,5°	21°	15°	17,5°
10 »	8,5°	14°	12°	18°	14°	12°
12 »	5°	11°	10°	16°	14°	10°
17. VI. 2 »	3°	11°	8°	14,5°	14°	10°
4 »	2,5°	10°	6°	13,5°	12°	8°
6 »	9°	10°	8°	14°	12°	9°

Weitere Untersuchungen stellten fest, dass die untergetauchten Flocken immer in den Tümpeln vorkamen, wo die Temperatur am niedrigsten war[2]). Meine Messungen ergaben:

[1]) Kauffmann, H.: Ueber den Entwicklungsgang von Cylindrocystis, Zeitschrift f. Botanik. 6. Jahrgang, Heft 9.

[2]) Die Temperatur der Tümpel ist nicht nur durch die Tiefe derselben bedingt, sondern sie hängt auch von der Beschaffenheit des Grundes ab: Ist der Grund mit *Sphagnum* bedeckt, so ist die Temperatur des Tümpels relativ niedrig, da *Sphagnum* verhältnismässig wenig Wärme absorbiert; ist jedoch der Grund unbewachsen, dann ist die Temperatur solcher Tümpel höher, da die rauhe, schwarze Oberfläche des Grundes viel mehr Wärme absorbiert.

Temperaturmessungen im Erlenbruck-Moor am 1. VII. 13.

No. der Tümpel	Temperatur	Beschaffenheit der Flocken
1	27° C *)	schwimmende Form
2	26	» »
3	25	» »
4	24	» »
5	22	untergetauchte Form
6	16	» »
7	11	» »

Ist durch diese Beobachtung die wichtige Rolle der Temperatur für die Vegetationsform von *Cylindrocystis* klargelegt, so kann man noch keineswegs entscheiden, wodurch die Differenz im Turgordruck bei untergetauchten und schwimmenden Flocken bedingt ist. Die Einwirkung der äusseren Faktoren (Wärme, Licht) gestalten sich bei diesen Vegetationsformen ganz verschieden und da es unmöglich ist, in den Tümpeln die einzelnen Faktoren zu isolieren, kann man nicht sagen, welchem Faktor bei Regulierung des Turgordrucks die wichtige Rolle beizumessen ist. Beobachtungen im botanischen Institut konnten nur bestätigen, dass im Kreise der äusseren Bedingungen die Temperatur wohl den wichtigsten Einfluss hat; denn durch meine Versuche kann man sehen, dass der grösste Turgordruck bei *Cylindrocystis* bei der niedrigsten Temperatur des Aussenmediums zusammentrifft. So fand ich bei Temperaturen von 15—20° den Turgordruck gleich 7,75 % Zucker, bei 8—10° gleich 8,75 % und endlich bei 0° gegen 10 % Zucker. Diese Beobachtungen stimmen ganz mit den Beobachtungen von Tröndle überein, welcher in Palisadenzellen von *Tilia cordata* und *Buxus sempervirens* den höheren Druck immer an kälteren und klaren Tagen konstatiert hat (auch im Winter war der Turgordruck in den Blättern von *Buxus sempervirens* höher als im Sommer). Inwieweit diese Erscheinungen mit der Aenderung der Permeabilität, Arsimilation und Atmung zusammentreffen, lässt sich nicht sagen, dass aber diese Aenderungen in diesem Falle mitspielen, ist zweifellos[1]).

*) Die Temperaturen sind am Boden der Tümpel gemessen. In Tümpeln 1—4 ist die Tiefe etwa 2—3 cm. Tümpel No. 7 Tiefe etwa 25 cm.

[1]) Biologisch könnte die Zunahme der Konzentration und die dadurch bedingte Turgorsteigerung bei sinkender Temperatur nach Lidforss (11) als Schutzmittel gegen Erfrieren gedeutet werden.

Unter den Faktoren, die die Steigerung des Turgordrucks verursachen, scheint auch die Verdunstung des Wassers mitzuwirken. So fand ich im November 1913 *Cylindrocystis* in fast gänzlich ausgetrocknetem Graben. Diese Kultur (aus der Halde) erwies den Turgordruck 11,19 % Zucker.

Was die Wirkung der Lichtintensität auf den Turgordruck der Algen betrifft, so ist eine Parallele zwischen intensiverer Beleuchtung und Zunahme des Druckes bemerkbar. Leider konnte ich genauere Untersuchungen in dieser Richtung nicht unternehmen. Doch ist es zweifellos, dass so wie im Laboratorium als auch in den Mooren die Lichtwirkung bei der Turgorregulation eine wichtige Rolle spielt. Ich möchte noch eine Kurve bringen, die die Schwankungen des Turgordrucks unter dem Einfluss der Temperatur und Lichtintensität wiedergibt (Kurve 11):

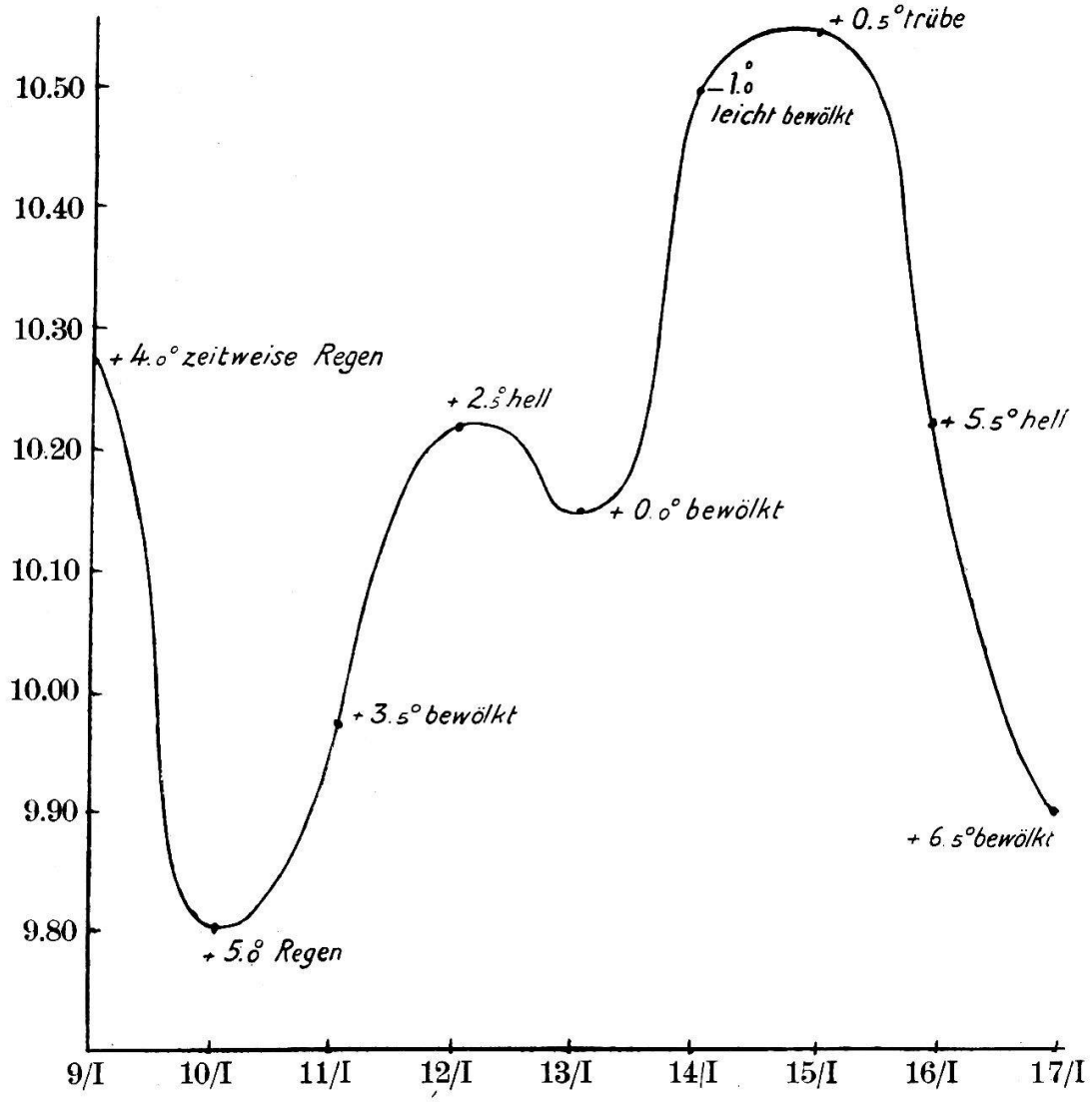
Der Verlauf dieser Kurve zeigt deutlich, dass die Schwankungen des Turgordrucks durch Temperatur und Belichtung bedingt werden. Mit Abnehmen der Temperatur steigt der Turgor. Nicht ganz so deutlich tritt der Einfluss des Lichtes hervor, aber im allgemeinen kann man auch hier eine Gesetzmässigkeit konstatieren: v. 9. I. bis 10. I. Abnahme des Drucks; v. 11 I. bis 12. I. Zunahme des Drucks, bei Aenderung der Lichtintensität (die Temperaturänderung an diesen Tagen war minimal, etwa 1° C).

Zum Schlusse möchte ich noch darauf hinweisen, dass ausser diesen eben erwähnten Faktoren es noch andere äussere Einwirkungen gibt, die den Turgordruck der Algen beeinflussen. So konnte ich eine Abnahme des Turgordrucks[2]) (v. 9,46 - 8,74 % Zucker) bei vermindertem Kohlensäuregehalt in der Kultur (durch Einleiten von CO_2-freier Luft) nachweisen; auch durch Evakuieren des Raumes, in dem sich die Kulturen befanden, auf 38—40 ccm Hg, konnte ich den Turgordruck bei *Cylindrocystis* etwas herabsetzen.

Von 10,27 auf 10,03[3])
» 10,50 » 10,12.[4])

---

[2]) Tabellen 79—80.
[3]) Tabellen 75—76.
[4]) » 77—78.



Kurve 11: Einfluss der Temperatur und Belichtung auf den Turgordruck bei *Cylindrocystis*.

Die Versuche, die ich in dieser Richtung unternahm, waren nicht ausreichend genug, um die engeren Beziehungen zwischen Luftdruck und Turgoränderung zu klären. Doch allein die Tatsache, dass es gelingt, den Turgordruck durch Aenderung des Luftdruckes zu beeinflussen, scheint mir von Bedeutung zu sein.

Zusammenfassung.

1: Die in den Tümpeln der Moore vorkommenden Algen weisen sehr verschiedene Turgordrucke auf:

Cylindrocystis . .	7,75 %	$C_{12}H_{22}O_{11}$
Pleurotaenium .	13,5 %	id.
Closterium . . .	9,5 %	id.
Micrasterias . .	13 %	id.

2. Mit der Steigerung der Konzentration des Aussenmediums steigert sich der Turgordruck der Algen. Bei Zuckerkulturen folgt die Turgorzunahme dem Weberschen Gesetz.

3. Der Verlauf der Turgorsteigerung bei Kulturen in NaCl ist regelmässiger, das Verhältnis zwischen Aussenkonzentration und Turgorsteigerung ein engeres, als bei den Zuckerkulturen. Jedenfalls folgt die Turgorsteigerung nicht dem Weberschen Gesetz, sondern die Zunahme des Druckes ist der Steigerung der Aussenkonzentration proportional. Dadurch wird die Annahme bestätigt, dass die Steigerung des Turgordrucks in Salzlösungen, wenigstens teilweise, auf Diffusion des Salzes beruht.

4. Dieselbe Alge *Cylindrocystis Brebissonii* verhält sich in Zucker anders als in NaCl.

5. Für *Spirogyra spec.* ist die von Drevs für Meeresalgen angegebene Turgorsteigerung für zwei Abstufungen der Meerwasserkonzentration, die ich untersuchen konnte, richtig. (Ueberdruck bleibt konstant.)

6. Bei *Chaetomorpha aerea* scheint das Eindringen des Salzes bei der Turgorsteigerung mitzuspielen, da die Meerwasser- und Meerwasser + Zuckerkulturen einen höheren osmotischen Druck aufwiesen als die isotonischen Zuckerkulturen.

7. Der Turgordruck der Algen wird nicht nur durch Aussenkonzentration, Temperatur und Belichtung beeinflusst. Auch auf Aenderungen des Luftdruckes und Kohlensäuregehaltes reagieren die Algen mit entsprechender Turgoränderung.

Literaturverzeichnis.

1. *Baumann* und *Gully, E.:* Untersuchungen über die Humussäuren. Mitteilungen der Kgl. Bayrisch. Moorkulturanstalt. Heft 3 u. 4.
2. *Buchheim, A.:* Der Einfluss des Aussenmediums auf den Turgordruck einiger Algen. Vorl. Mitt. Berichte der Deutschen Botan. Gesellschaft, 1914, Bd. XXXII, Heft 6.
3. *Drevs, P.:* Die Regulation des osmotischen Drucks in Meeresalgen bei Schwankungen des Salzgehaltes im Aussenmedium. — Arch. d. Freunde d. Nat. Gesch. Mecklenburgs. 1896.
4. *Duggar, B. M.:* The relation of certain marine Algae to various salt solutions. — Transactions of the Academy of Science of St. Louis 16. 1906.
5. *Endell, K.:* Der Säuregehalt des Moorwassers. — J. f. pr. Chem. 82.
6. *Eschenhagen F.:* Ueber den Einfluss verschiedener Konzentrationen auf Schimmelpilze. — Diss. Leipzig 1889.
7. *Hamburger, H.:* Osmotischer Druck und Jonenlehre in den medizinischen Wissenschaften. — Wiesbaden 1902.
8. *Janse:* Die Permeabilität des Protoplasmas. Akademie van Wetenschappen Amsterdam reeks III, del IV. 1888.
9. *Knudsen, M.:* Hydrographische Tabellen. Kopenhagen 1901.
10. *Lepeschkin, W.:* Untersuchung über die osmotischen Eigenschaften und Turgordruck der Pflanzenzellen (russisch). — Mémoire de l'Académie Impériale des Sciences de St-Pétersbourg. VIIIe Série, Vol. XXII, 17, Nr. 2. Classe physico-mathématique. 1907.
11. *Lidforss, B.:* Die wintergrüne Flora. — Lunds. Univ. Arsskr. N. F. II. Afd. 2, Nr. 13 [1907].
12. *Mayenburg, O. v.:* Lösungskonzentration und Turgorregulation bei Schimmelpilzen. — Jahrbuch f. wissenschaftl. Botanik. Bd. 36. 1901.
13. *Oltmanns, Fr.:* Ueber die photometrischen Bewegungen der Pflanzen. — Flora, 1892, S. 183.
14. *Pantanelli, E.:* Zur Kenntnis der Turgorregulation bei Schimmelpilzen. — Jahrbuch f. wissensch. Botanik. Bd. XL. 1904.
15. *Pfeffer, W.:* Osmotische Untersuchungen. Leipzig 1877.

16. *Richter, A.:* Ueber die Anpassung der Süsswasseralgen an Kochsalzlösungen. — Flora 1892.
17. *Rysselberghe, Fr. van:* Réaction osmotique des cellules végétales à la concentration du milieu. Mémoire couronné par l'Académie de Belgique. Tome 58, 1899.
18. *Stange, B.:* Beziehungen zwischen Substratkonzentration Turgor- und Wachstum bei einigen Phanerogamen Pflanzen. — Botanische Zeitung, 50. Jahrgang, Nr. 16.
19. *Ramman:* Bodenkunde. II. Auflage. Berlin 1905.
20. *Tröndle, A.:* Der Einfluss des Lichtes auf die Permeabilität der Plasmahaut. — Jahrbuch f. wissensch. Botanik. Bd. 48. 1910.
21. *Vries, Hugo de:* Eine Methode zur Analyse der Turgorkraft. — Jahrbuch f. wissenschaftl. Botanik. Bd. 14. 1884.

Anhang.

Osmotischer Druck von Zucker- und Salzlösungen in Atsmosphären.

%	Saccharose Gramm. Mol.	Druck in Atm.	%	Saccharose Gramm. Mol.	Druck in Atm.
1	0,029	0,68	26	0,759	15,49
2	0,059	1,39	27	0,789	16,01
3	0,038	2,03	28	0,818	16,52
4	0,117	2,69	29	0,847	17,02
5	0,146	3,34	30	0,877	17,52
6	0,175	3,99	31	0,906	18,01
7	0,207	4,63	32	0,935	18,50
8	0,234	5,26	33	0,965	18,98
9	0,263	5,90	34	0,994	19,46
10	0,293	6,50	35	1,023	19,92
11	0,320	7,11	36	1,052	20,40
12	0,351	7,71	37	1,082	20,86
13	0,380	8,31	38	1,111	21,32
14	0,409	8,90	39	1,140	21,77
15	0,438	9,48	40	1,069	22,22
16	0,467	10,06	41	1,199	22,67
17	0,497	10,63	42	1,238	23,17
18	0,526	11,19	43	1,257	23,55
19	0,555	11,75	44	1,286	23,98
20	0,584	12,30	45	1,316	24,41
21	0,613	12,85	46	1,345	24,83
22	0,643	13,39	47	1,374	25,25
23	0,672	13,92	48	1,404	25,67
24	0,701	14,45	49	1,433	26,09
25	0,730	14,98	50	1,462	26,50

nach der Formel $P_t = \frac{2234}{100,6} \times \frac{1}{342} \left(1 + \frac{t^o}{273}\right)$ bei $t = 15^o$

NaCl %	Saccharose %	Druck Atm.
0,1	1,10	0,75
0,2	2,18	1,50
0,3	3,36	2,28
0,4	4,40	2,95
0,5	5,49	3,66
0,6	6,50	4,31
0,7	7,52	4,95
0,8	8,58	5,63
0,9	9,64	6,29
1,0	10,70	6,92

Berechnung des osmotischen Wertes des Meerwassers.

1. Das von 10 ccm auf 8 ccm gesteigerte Meerwasser — also 125 % — wurde als plasmolysierende Lösung benützt; dabei verhielt es sich zu den Algen der Kulturen folgendermassen:
   20 % Meerwasserkultur wurde durch 125 % Meerwasser plasmolysiert
   40 % » » » » Meerwasser plasmolysiert
   60 % » » » » Meerwasser nicht plasmolysiert
   Daraus berechnet sich der osmotische Wert des 125 %igen Meerwassers = 43,76 % Zucker.[1])
2. Das von 10 ccm auf 6 ccm gesteigerte Meerwasser, also 156 % wurde als plasmolysierende Lösung benutzt; dabei verhielt es sich zu den Algenkulturen folgendermassen:
   60 % Meerwasserkultur wurde durch 156 % Meerwasser plasmolysiert
   80 % » » » » Meerwasser plasmolysiert
   100 % » » » » Meerwasser nicht plasmolysiert
   Daraus berechnet sich der osmotische Wert des 156 %igen Meerwassers gleich 48,35 % Zucker.[2])
3. Das von 10 ccm auf 9,20 ccm gesteigerte Meerwasser, also 108,6 %, wurde als plasmolysierende Lösung benutzt; dabei verhielt es sich zu den Algenkulturen folgendermassen:
   20 % Meerwasserkultur wurde durch 108,6 % Meerwasser plasmolysiert
   40 % » » » » Meerwasser nicht plasmolysiert
   Daraus berechnet sich der osmotische Wert des 108,6 %igen Meerwassers = 39,4 % Zucker.[3])

Also: 1. 100 % Meerwasser hat den Druckwert = 35 %
2. 100 % » » » » = 31 %
3 100 % » » » » = 36,3 %.
Mittelwert = 34,1 % Zucker.

---

[1]) Siehe Tabelle S. 30.
[2]) ibid.
[3]) ibid.

Tabelle 1.

Kultur v. *Cylindrocystis* in H_2O (destilliert) v. 25. VI. bis 3. VII. 13. Kultur v. 25. VI. 13 aus Erlenbruck.

Plasm. Lösung		Zahl der beobachteten Zellen				Grenzkonzentration in Zucker %
Stärke in Zucker %	Dauer d. Einw. in Min.	+[1])	—[2])	Summe	+ in %	
8,00	91	56	28	84	67	7,78
7,75	91	50	57	107	47	
7,50	80	29	48	77	38	
7,25	71	31	64	95	33	
7,00	63	8	100	108	7,4	

Tabelle 2.

dieselbe Kultur:

8,00	97	42	36	78	54	7,87
7,75	80	69	80	149	46,3	
7,50	74	21	59	80	26,3	
7,25	64	9	91	100	9,0	
7,00	53	10	104	114	8,8	

Mittlere Grenzkonzentration aus beiden obigen

$$H_2O\text{-Kulturen} = \frac{7{,}78 + 7{,}87}{2} = 7{,}83.$$

Tabelle 3.

Kultur in 1 % Zuckerlösung v. 26. VI. bis 3. VII. 13.

9,00	50	78	32	110	71	8,59
8,75	54	51	39	90	57	
8,50	58	50	58	108	46,3	
8,25	64	26	69	95	27,3	
8,00	68	21	77	98	21	
7,75	74	3	78	81	3,7	

Tabelle 4.

Dieselbe Kultur:

9,00	68	41	22	63	65,1	8,67
8,75	73	27	24	51	53	
8,50	76	31	40	71	44	
8,25	144	8	39	47	17	
8,00	151	6	42	48	13	
7,75	152	2	58	60	3,3	

Mittlere Grenzkonzentration aus beiden obigen

$$1\,\%\ \text{Zuckerkulturen} = \frac{8{,}59 + 8{,}67}{2} = 8{,}63.$$

[1]) + bedeutet plasmolysierte Zellen.

[2]) — bedeutet nicht plasmolysierte Zellen.

Tabelle 5.

2 % Zuckerkultur v. 27. VI. bis 4. VII. 13. Kultur v. 25. VI. 13 aus Erlenbruck.

Plasm. Lösung		Zahl der beobachteten Zellen				Grenzkonzentration in Zucker %
Stärke in Zucker %	Dauer der Einw. in Min.	+	—	Summe	+ in %	
9,75	88	52	27	79	66	9,55
9,50	92	28	32	60	46,6	
9,25	103	17	31	48	36	
9,00	74	17	62	79	21,5	
8,75	61	6	47	53	11,3	
8,50	54	14	81	95	14,7	

Tabelle 6.

Dieselbe Kultur:

9,75	75	31	26	57	54,5	9,65
9,50	73	23	31	54	43	
9,25	73	14	40	54	26	
9,00	57	5	15	20	25	
8,75	61	3	43	46	6,6	
8,50	65	1	39	40	2,5	

Mittlere Grenzkonzentration aus beiden obigen

$$2\ \%\ \text{Zuckerkulturen} = \frac{9{,}55 + 9{,}65}{2} = 9{,}60.$$

Tabelle 7.

3 % Zuckerlösung v. 27. VI. bis 5. VII. 13.

10,50	62	71	24	95	76	10,24
10,00	56	83	25	108	77	
10,00	84	15	65	80	19	
9,50	98	20	40	60	33	
9,00	105	7	91	98	7	

Tabelle 8.

Dieselbe Kultur:

10,50	55	37	15	52	71	10,13
10,25	56	56	42	98	57	
10,00	53	26	35	61	42,6	
9,75	58	25	54	79	32	

Mittlere Grenzkonzentration aus beiden obigen

$$3\ \%\ \text{Zuckerkulturen} = \frac{10{,}24 + 10{,}13}{2} = 10{,}18.$$

Tabelle 9.

4 % Zuckerkultur v. 27. VI. bis 5. VII. 13. Kultur v. 25. VI. 13 aus Erlenbruck.

Plasm. Lösung		Zahl der beobachteten Zellen				Grenzkonzentration in Zucker %
Stärke in Zucker %	Dauer d. Einw. in Min.	+	−	Summe	+ in %	
12,00	53	99	17	116	85,3	10,52
11,50	58	81	20	101	80	
11,00	59	76	23	99	76	
10,50	63	52	50	102	49	
10,00	75	28	73	101	27,7	

Tabelle 10.

Dieselbe Kultur:

11,00	54	69	45	114	60	10,65
10,75	61	37	30	67	55	
10,50	65	40	54	94	42,5	
10,25	73	34	49	83	41	
10,00	84	23	62	85	27	

Mittlere Grenzkonzentration aus beiden obigen 4 % Zuckerkulturen $= \frac{10{,}52 + 10{,}65}{2} = 10{,}56.$

Tabelle 11.

5 % Zuckerkultur v. 27. VI. bis 6. VII. 13.

12,50	58	108	8	116	93	10,94
12,00	60	104	14	118	88	
11,50	104	54	22	76	71	
11,00	56	77	71	148	52	
10,50	82	34	62	96	36	
10,00	105	23	50	73	28,75	

Tabelle 12.

Dieselbe Kultur:

11,25	67	29	26	55	53	10,94
11,00	65	50	48	98	51	
10,75	63	52	59	111	47	
10,50	80	33	47	80	41,4	
10,25	77	32	50	82	39	

Mittlere Grenzkonzentration aus beiden obigen 5 % Zuckerkulturen $= \frac{10{,}94 + 10{,}94}{2} = 10{,}94$

Tabelle 13.

6 % Zuckerkultur v. 27. VI. bis 6. VII. 13. Kultur v. 25. VI. 13 aus Erlenbruck.

Plasm. Lösung		Zahl der beobachteten Zellen				Grenzkonzentration in Zucker %
Stärke in Zucker %	Dauer d. Einw. in Min.	+	—	Summe	+ in %	
12,50	56	80	13	93	86	11,08
12,00	62	85	25	110	77,1	
11,50	63	60	31	91	66	
11,00	65	42	48	90	46,6	
10,50	74	34	66	100	34	

Tabelle 14.

Dieselbe Kultur:

11,75	76	41	10	51	80	11,05
11,50	70	60	29	89	67	
11,25	84	59	49	108	54,6	
11,00	75	35	37	72	48,6	

Mittlere Grenzkonzentration aus beiden obigen 6 % Zuckerkulturen $= \frac{11{,}08 + 11{,}05}{2} = 11{,}07.$

Tabelle 15.

7 % Zuckerkultur v. 27. VI. bis 7. VII. 13.

13,00	70	84	13	97	86,6	11,35
12,50	75	85	20	105	81	
12,00	80	53	29	82	64,6	
11,50	90	64	49	113	65,6	
11,00	121	31	52	83	37,3	

Tabelle 16.

Dieselbe Kultur:

12,00	57	39	17	56	66	11,22
11,75	66	61	22	83	72,5	
11,50	72	34	28	62	55	
11,25	75	33	30	63	52,4	
11,00	81	16	32	48	33,3	

Mittlere Grenzkonzentration aus beiden obigen 7 % Zuckerkulturen $= \frac{11{,}35 + 11{,}22}{2} = 11{,}29.$

Tabelle 17.

8 % Zuckerkultur v. 27. VI. bis 7. VII. 13. Kultur v. 25. VI. 13 aus Erlenbruck.

Plasm. Lösung		Zahl der beobachteten Zellen				Grenzkonzentration in Zucker %
Stärke in Zucker %	Dauer d. Einw. in Min.	+	—	Summe	+ in %	
13,00	60	93	45	138	70	11,77
12,50	73	68	21	89	76	
12,00	115	56	43	99	56,6	
11,50	80	50	68	118	42,4	
11,00	96	35	51	86	41	

Tabelle 18.

Dieselbe Kultur:

12,00	50	35	36	71	49,3	12,00
11,75	55	21	34	55	38,2	
11,50	67	35	49	84	42	

Mittlere Grenzkonzentration aus beiden obigen 8 % Zuckerkulturen $= \frac{11{,}77 + 12{,}00}{2} = 11{,}89.$

Tabelle 19.

H_2O-Kultur v. *Cylindrocystis* v. 19. XI. bis 30. XI. 13. Kultur v. 11. XI. 13 aus Erlenbruck.

Plasm. Lösung		Zahl der beobachteten Zellen				Grenzkonzentration in Zucker %
Stärke in Zucker %	Dauer d. Einw. in Min.	+	—	Summe	+ in %	
9,50	33	12	162	174	7,0	9,05
9,00	42	53	98	151	35,1	
8,50	50	40	112	152	26,3	
8,00	61	72	85	157	46	
7,00	116	126	22	148	85,1	

Tabelle 20.

H_2O-Kultur vom 19. XI. bis 1. XII. 13.

9,00	72	26	70	96	27,1	8,87
8,75	85	32	16	48	66,6	

Mittlere Grenzkonzentration aus beiden obigen H_2O-Kulturen $= \frac{9{,}05 + 8{,}87}{2} = 8{,}91.$

Tabelle 21.

1 % Zuckerkultur v. 11. XI. bis 30. XI. 13.

10,50	39	156	10	166	94	9,32
10,00	46	112	36	148	75,8	
9,50	64	71	42	113	67,2	
9,00	33	17	113	130	14,3	

Tabelle 22.

Dieselbe Kultur v. 19. XI. bis 1. XII. 13.

9,25	60	61	35	96	61,7	9,16
9,00	78	28	69	97	28,8	

Mittlere Grenzkonzentration aus beiden obigen 1 % Zuckerkulturen $= \frac{9{,}32 + 9{,}16}{2} = 9{,}24.$

Tabelle 23.

2 % Zuckerkultur v. 19. XI. bis 30. XI. 13. Kultur v. 11. XI. 13 aus Erlenbruck.

Plasm. Lösung		Zahl der beobachteten Zellen				Grenzkonzentration in Zucker %
Stärke in Zucker %	Dauer d. Einw. in Min.	+	—	Summe	+ in %	
10,50	61	99	20	119	83,2	9,58
10,00	51	121	69	190	63,7	
9,50	38	132	138	270	48,8	

Tabelle 24.

Dieselbe Kultur v. 19. XI. bis 1. XII. 13.

10,00	81	52	22	74	71.3	9,82
9,75	103	33	38	71	46,6	
9,50	118	35	43	78	44,9	

Mittlere Grenzkonzentration aus beiden obigen 2 % Zuckerkulturen $= \frac{9{,}58 + 9{,}82}{2} = 9{,}70.$

Tabelle 25.

3 % Zuckerkultur vom 19. XI. bis 30. XI. 13.

10,50	51	98	11	109	90	9,99
10,00	38	74	72	146	50,7	
9,50	65	32	89	121	26,4	

Tabelle 26.

4 % Zuckerkultur v. 19. XI. bis 30. XI. 13.

11,00	66	127	16	143	88,8	10,12
10,50	53	105	45	150	70	
10,00	41	73	93	166	44	

Tabelle 27.

Dieselbe Kultur v. 19. XI. bis 1. XII. 13.

10,50	120	52	34	86	60	10,39
10,25	137	33	52	85	38,8	
10,00	147	21	31	52	40,4	

Mittlere Grenzkonzentration aus beiden obigen 4 % Zuckerkulturen $= \frac{10{,}12 + 10{,}39}{2} = 10{,}25.$

Tabelle 28.

5 % Zuckerkultur v. 19. XI. bis 30. XI. 13. Kultur v. 11. XI. 13 aus Erlenbruck.

Plasm. Lösung		Zahl der beobachteten Zellen				Grenzkonzentration in Zucker %
Stärke in Zucker %	Dauer d. Einw. in Min.	+	—	Summe	+ in %	
11,50	58	78	17	95	82,1	
11,00	76	119	31	150	79,3	
10,50	83	82	74	156	52,6	10,46
10,00	93	26	70	96	27	

Tabelle 29.

6 % Zuckerkultur v. 19. XI. bis 30. XI. 13.

11,00	83	160	69	229	71,2	10,63
10,50	113	71	95	166	42,8	

Tabelle 30.

7 % Zuckerkultur v. 19. XI. bis 30. XI. 13.

11,50	74	133	59	192	69,3	11,07
11,00	83	70	81	151	46,4	

Tabelle 31.

8 % Zuckerkultur v. 19. XI. bis 30. XI. 13.

11,50	83	83	46	129	64,3	11,13
11,00	70	55	67	122	45	

Tabelle 32.

Dieselbe Kultur v. 19. XI. bis 1. XII. 13.

11,25	190	44	29	73	60,3	
11,00	215	49	21	70	70	10,81
10,75	235	65	84	149	43,6	

Mittlere Grenzkonzentration aus beiden obigen 8 % Zuckerkulturen $= \frac{11,13 + 10,81}{2} = 10,97.$

Tabelle 33.

1 % Zuckerkultur v. 19. XI. bis 12. XII. 13. Kultur v. 11. XI. 13 aus Erlenbruck.

Plasm. Lösung		Zahl der beobachteten Zellen				Grenzkonzentration in Zucker %
Stärke in Zucker %	Dauer d. Einw. in Min.	+	—	Summe	+ in %	
9,50	99	53	24	77	68,8	9,23
9,00	83	50	25	75	33,3	
8,50	46	11	79	90	12,2	

Mittlere Grenzkonzentration aus beiden 1 % Zuckerkulturen $= \frac{9{,}23 + 9{,}21}{2} = 9{,}22.$

9,50	173	55	4	59	89,9	9,21
9,00	183	5	20	25	20	

Tabelle 34.

2 % Zuckerkultur v. 19. XI. bis 12. XII. 13.

9,50	111	60	56	116	51	9,47
9,00	83	20	33	53	37,7	

Mittlere Grenzkonzentration aus beiden 2 % Zuckerkulturen $= \frac{9{,}47 + 9{,}68}{2} = 9{,}58.$

10,00	211	81	4	85	95,3	9,68
9,50	199	12	40	52	23	

Tabelle 35.

4 % Zuckerkultur v. 19. XI. bis. 12. XII. 13.

10,50	108	58	13	71	81,7	10,07
10,00	85	31	39	70	44,3	
9,50	65	11	48	59	22,9	

Mittlere Grenzkonzentration aus beiden 4 % Zuckerkulturen $= \frac{10{,}07 + 9{,}95}{2} = 10{,}01.$

10,00	148	34	32	66	53,1	9,95
9,50	163	6	24	30	20	

Tabelle 36.

8 % Zuckerkultur v. 18. XI. bis 12. XII. 13.

11,00	94	29	26	55	53	10,90
10,50	64	20	43	78	36,6	

Tabelle 37.

H_2O-Kultur von *Spirogyra spec.* v. 30. XI. bis 11. XII. 13. Kultur aus Hugstetten.

Plasm. Lösung		Zahl der beobachteten Fäden				Grenzkonzentration in Zucker %
Stärke in Zucker %	Dauer d. Einw. in Min.	+	—	Summe	+ in %	
11,00	47	19	13	32	59,3	11,00?
11,50	50	28	22	50	56	
12,00	60	20	12	32	63	

Tabelle 38.

0,5 % Zuckerkultur von *Spirogyra spec.* v. 30. XI. bis 11. XII 13.

11,00	90	9	16	25	36	
11,50	97	29	23	52	56	11,35
12,00	102	17	6	21	70	

Tabelle 39.

1 % Zuckerkultur von *Spirogyra spec.* v. 30. XI. bis 11. XII. 13.

12,00	73	13	20	33	39,3	12,37
13,00	72	11	5	16	70	

Tabelle 40.

2 % Zuckerkultur von *Spirogyra spec.* v. 30. XI. bis 11. XII. 13.

13,00	69	15	14	25	52	
12,50	72	24	1	25	96	13,00
14,11	75	6	1	7	86	

Tabelle 41.

4 % Zuckerkultur von *Spirogyra spec.* v. 30. XI. bis 11. XII. 13.

14,00	64	1	22	23	44	
14,50	65	19	23	41	46	14,56
15,00	58	27	11	38	71	

Tabelle 42.

8 % Zuckerkultur von *Spirogyra spec.* v. 30. XI. bis 11. XII. 13.

17,00	60	7	20	27	26	
17,50	70	15	20	25	60	17,37
18,00	75	21	6	27	80	

Tabelle 43.

Zuckerkulturen von *Cylindrocystis* v. 20. bis 22. XII. 13 (2 Tage). Kultur v. 29. XI. 13 aus Erlenbruck.

Kulturen	Plasm. Lösung		Zahl der beobachteten Zellen				Grenzkonzentration in Zucker %
	Stärke in Zucker %	Dauer d. Einw. in Min.	+	—	Summe	+ in %	
0,9	9,00	50	26	71	97	26,8	
	9,50	40	24	53	77	29,1	
	10,00	51	27	43	70	38,3	10,20
	10,50	46	66	31	97	68	
1,8	10	62	28	46	74	37,8	10,28
	10,50	35	61	42	103	59,2	
3,6	10,00	30	35	50	85	41,2	10,42
	10,50	78	99	93	192	51,6	
	11,00	96	82	13	95	86,3	
7,2 [1])	10,00	40	48	15	63	76,2	
	10,50	62	124	11	135	91,1	10,63

[1]) In 7,2 % Kultur kommen auf 63 plasmol. Zellen 77 unplasmol. Zellen (45 %).

Tabelle 44.

Zuckerkultur v. 20. bis 24. XII. 13 (4 Tage).

0,9	10,00	42	35	63	98	35,7	10,33
	10,50	56	85	64	149	57	
	11,00	72	86	29	115	74,7	
1,8	10,50	34	68	91	159	41,5	10,60
	11,00	45	69	18	87	79,3	
3,6	10,50	45	47	98	145	32,4	
	11,00	51	64	64	128	50	11,00
	11,50	68	73	15	88	12,5	
7,2 [2])	11,00	37	90	28	118	76,2	11,44
	11,50	44	109	4	113	96,4	

[2]) In 7,2 % Kultur sind auf 47 plasm. Zellen 62 unplasmol. (44 %).

---

[1]) Bei diesen Kulturen muss für die Berechnung der Grenzkonzentration die Konzentration genommen werden, bei welcher 50 % der in der Kultur enthaltenen intakten Zellen plasmolysiert wird, also für die Tabelle 43 folgende Prozentzahl: 45 % + 50 % = 95 %.

Tabelle 45.

Zuckerkulturen v. 20. bis 26. XII. 12 (6 Tage). Kultur v. 29. XI. 13 aus Erlenbruck

Kulturen	Plasm. Lösung		Zahl der beobachteten Zellen				Grenzkonzentration in Zucker %
	Stärke in Zucker %	Dauer d. Einw. in Min.	+	—	Summe	+ in %	
0,9	10,00	60	21	67	88	23,9	10,50
	10,50	36	73	78	151	48,4	
	11,00	49	97	31	128	75,3	
1,8	10,50	34	61	85	146	41,8	10,33
	11,00	37	67	60	127	52,6	
3,6	11,00	38	44	78	122	36	11,31
	11,50	44	81	57	138	58,7	
7,2[1])	11,50	32	78	42	120	65	11,54
	12,00	42	83	8	92	91,2	

[1]) In 7,2 % Kultur auf 31 plasm. Zellen 155 unplasmol. (16,7 %).

Tabelle 46.

Zuckerkultur v. 20. XII. 13 bis 28. XII. 13 (8 Tage).

0,9	10,00	45	42	84	126	33,3	10,52
	10,50	52	62	66	128	48,4	
	11,00	54	99	14	113	87,6	
1,8	10,50	42	36	68	104	34,6	10,82
	11,00	43	75	53	128	58,6	
	11,50	92	81	12	93	87,1	
3,6	11,00	60	53	66	119	44,5	11,26
	11,50	68	60	49	109	55	
	12,00	88	57	13	70	81,4	
7,2[2])	11,50	45	50	44	94	52,6	11,60
	12,00	58	69	15	84	93,2	

[2]) In 7,2 % Kultur auf 14 plasmol. Zellen 111 unplasmol. Zellen (11,2 %).

Tabelle 47.

Zuckerkulturen v. 20. XII. bis 30. XII. 13 (10 Tage). Kultur v. 29. XI. 13 aus Erlenbruck..

Kulturen	Plasm. Lösung		Zahl der beobachteten Zellen				Grenzkonzentration in Zucker %
	Stärke in Zucker %	Dauer d. Einw. in Min.	+	—	Summe	+ in %	
0,9	10,00 10,50 11,00	34 43 60	48 56 66	63 48 14	111 144 80	43,2 53,8 82,5	10,22
1,8	10,50 11,00	50 62	63 77	85 21	148 99	42,5 76,5	10,41
3,6	11,00 11,50	30 40	59 74	59 38	118 112	50 66	11,00
7,2 [1])	11,50 12,00	38 47	54 95	31 85	85 180	63,5 51,6	11,28

[1]) In 7,2 % Kultur auf 10 plasmol. Zellen 117 unplasmol. Zellen (8,5 %).

Tabelle 48.

Zuckerkultur v. 20. XII. 13 bis 1. I. 14 (12 Tage).

0,9	10,50 11,00	36 51	60 96	74 30	134 126	44,9 75,2	10,38
1,8	10,50 11,00	33 42	40 55	64 46	104 101	38,4 34,4	10,86
3,6	11,00 11,50	47 53	27 74	89 43	116 117	23,3 63,2	11,33
7,2 [2])	11,50 12,00	32 32	31 46	31 32	62 78	50 59,1	11,58

[2]) In 7,2 % Kultur auf 4 plasmol. Zellen 126 unplasmol. Zellen (3,2 %).

Tabelle 49.

Zuckerkulturen v. 20. XII. bis 3. I. 1914 (14 Tage). Kultur v. 29. XI. 13 aus Erlenbruck.

Kulturen	Plasm. Lösung		Zahl der beobachteten Zellen				Grenzkonzentration in Zucker %
	Stärke in Zucker %	Dauer der Einw. in Min.	+	—	Summe	+ in %	
0,9	10,50 11,00	68 84	61 55	63 33	114 88	49,1 62,5	10,53
1,8	10,00 11,00	39 42	11 50	75 32	86 82	12,8 60,5	10,89
3,6	11,00 11,50	67 60	57 69	82 44	139 113	39,9 61	11,24
7,2 [1])	11,50 12,00	50 60	9 17	24 12	33 29	27,3 57,6	11,94

[1]) In 7,2 % Kultur auf 1 plasmol. Zelle 98 unplasmol. Zellen (1,01 %).

Tabelle 50.

H_2O-Kultur von *Cylindrocystis* v. 23. VII. bis 27. VII. Kultur v. 21. VII. 13 aus Erlenbruck.

8,50	78	58	41	99	52,5	8,37
8,25	97	25	39	64	40	
8,00	67	56	68	124	46,1	
7,75	92	10	67	77	13	
7,50	50	7	82	89	8	

Tabelle 51.

Dieselbe Kultur.

8,50	85	21	20	41	51	8,48
8,25	74	21	31	52	40,3	
8,00	66	13	22	35	37,1	
7,75	58	2	55	57	3,5	

Mittlere Grenzkonzentration aus beiden obigen H_2O-Kulturen $= \frac{8,37 + 8,48}{2} = 8,42.$

Tabelle 52.

0,1 % NaCl-Kultur von *Cylindrocystis* v. 23. bis 27. VII. 13. Kultur v. 21. VII. 13 aus Erlenbruck.

Plasm. Lösung		Zahl der beobachteten Zellen				Grenzkonzentration in Zucker %
Stärke in Zucker %	Dauer d. Einw. in Min.	+	—	Summe	+ in %	
9,00	101	64	12	76	87,5	8,21
8,50	91	63	16	79	77	
8,00	85	30	71	101	30	
7,50	80	4	112	116	3,5	

Tabelle 53.

Dieselbe Kultur v. 23. VII. bis 27. VII. 13.

8,50	57	18	32	50	36	8,83
8,00	63	6	31	37	16,2	
7,75	79	2	47	49	4	

Mittlere Grenzkonzentration aus beiden obigen

$$0{,}1\,\%\ \text{NaCl-Kulturen} = \frac{8{,}21 + 8{,}83}{2} = 8{,}54.$$

Tabelle 54.

0,2 % NaCl-Kultur von *Cylindrocystis* v. 23. VII. bis 27. VII. 13.

10,00	122	49	19	68	77	9,59
9,50	101	35	45	80	44	
9,00	83	19	73	92	20,6	
8,50	92	2	84	86	2,4	
8,00	76	0	146	146	0	
7,00	73	0	67	67	0	

Tabelle 55.

Dieselbe Kultur.

10,00	90	30	23	53	57	9,74
9,75	73	24	23	47	51	
9,50	65	17	61	78	22	
9,25	52	10	62	72	14	

Mittlere Grenzkonzentration aus beiden obigen

$$0{,}2\,\%\ \text{NaCl-Kulturen} = \frac{9{,}59 + 9{,}74}{2} = 9{,}66.$$

Tabelle 56.

0,3 % NaCl-Kultur von *Cylindrocystis* vom 23. VII. bis 28. VII. 13. Kultur v. 21. VII. 13 aus Erlenbruck.

Plasm. Lösung		Zahl der beobachteten Zellen				Grenzkonzentration in Zucker %
Stärke in Zucker %	Dauer d. Einw. in Min.	+	—	Summe	+ in %	
11,00	105	77	35	112	68,8	10,29
10,50	96	59	42	101	58,4	
10,00	81	44	62	106	41.5	
9,50	109	12	89	101	11,9	
9,00	59	5	148	153	3,3	

Tabelle 57.

Dieselbe Kultur.

10,75	99	43	32	75	57,3	10,59
10,50	104	31	46	77	40	
10,25	110	34	40	74	43,2	
10,00	115	31	46	77	40,0	

Mittlere Grenzkonzentration aus beiden obigen 0,3 % NaCl-Kulturen $= \frac{10,29 + 10,59}{2} = 10,44.$

Tabelle 58.

0,4 % NaCl-Kultur von *Cylindrocystis* v. 23. VII. bis 28. VII. 13.

12,00	158	53	2	55	96	10,73
11,50	138	60	18	78	77	
11,00	127	69	29	98	70,4	
10,50	116	35	73	108	32,4	
10,00	162	29	32	61	48	
9,50	105	19	102	121	15,3	

Tabelle 59.

Dieselbe Kultur.

11,25	45	25	14	39	64	10,33
11,00	50	49	31	80	61,1	
10,75	56	17	30	47	36,2	
10,50	61	9	33	42	21,6	

Mittlere Grenzkonzentration aus beiden obigen 0,4 % NaCl-Kulturen $= \frac{10,73 + 10,88}{2} = 10,81.$

Tabelle 60.

0,5 % NaCl-Kultur von *Cylindrocystis* v. 23. VII. bis 28. VII. 13. Kultur v. 21. VII. 13 aus Erlenbruck.

Plasm. Lösung		Zahl der beobachteten Zellen				Grenzkonzentration in Zucker %
Stärke in Zucker %	Dauer d. Einw. in Min.	+	—	Summe	+ in %	
12,50	70	98	49	147	67	12,00
12,00	57	42	42	84	50	
11,50	46	46	67	113	40,7	
11,00	88	47	44	91	52,2	
10,50	112	11	119	130	8,5	

Tabelle 61.

Dieselbe Kultur.

12,25	44	67	16	83	80,8	12,05
12,00	57	37	52	89	42	
11,75	67	35	68	103	34	
11,50	72	10	99	109	9,2	

Mittlere Grenzkonzentration aus beiden obigen 0,5 % NaCl-Kulturen $= \frac{12{,}00 + 12{,}05}{2} = 12{,}03.$

Tabelle 62.

0,6 % NaCl-Kultur von *Cylindrocystis* v. 23. VII. bis 29 VII. 13.

13,00	61	124	20	144	86,1	11,86
12,50	72	71	51	122	59	
12,00	84	49	35	84	58,3	
11,50	91	40	102	142	28,2	
11,00	101	23	107	130	17,7	

Tabelle 63.

Dieselbe Kultur.

12,25	82	78	61	139	56,1	12,08
12,00	90	57	65	122	47	
11,75	95	44	73	117	37	
11,50	100	38	61	99	38,4	

Mittlere Grenzkonzentration aus beiden obigen 0,6 % NaCl-Kulturen $= \frac{11{,}86 + 12{,}08}{2} = 11{,}97.$

Tabelle 64.

0,7 % NaCl-Kultur von *Cylindrocystis* v. 23. VII. bis 29. VII. 13. Kultur v. 21. VII. 13 aus Erlenbruck.

Plasm. Lösung		Zahl der beobachteten Zellen				Grenzkonzentration in Zucker %
Stärke in Zucker %	Dauer d. Einw. in Min.	+	–	Summe	+ in %	
13,50	69	53	34	92	63	12,84
13,00	82	64	44	108	59,2	
12,50	105	32	70	103	30,0	
12,00	132	23	101	124	18,5	
11,50	150	8	106	114	7	

Tabelle 65.

Dieselbe Kultur.

13,00	66	27	34	61	44	13,13
12,75	58	10	20	30	33	
12,50	75	17	51	68	25	

Mittlere Grenzkonzentration aus beiden obigen

$$0{,}7\,\%\ \text{NaCl-Kulturen} = \frac{12{,}84 + 13{,}13}{2} = 12{,}98.$$

Tabelle 66a.

H_2O-Kultur v. *Cylindrocystis* v. 25. X. bis 10. XI. 13. Kultur v. 24. X. 13 aus Erlenbruck.

7,00	79	41	59	100	41	7,30
7,50	98	71	37	108	65,7	
8,00	54	75	37	112	67	

Tabelle 66b.

Dieselbe Kultur.

6,75	71	26	30	56	46,4	7,19
7,00	124	26	32	58	45	
7,25	134	37	35	72	51,4	

Mittlere Grenzkonzentration aus beiden obigen

$$H_2O\text{-Kulturen} = \frac{7{,}30 + 7{,}19}{2} = 7{,}25.$$

Tabelle 67 a.

0,1% NaCl-Kultur v. 25. X. bis 12. XI. 13. Kultur v. 24. X. 13 aus Erlenbruck.

Plasm. Lösung		Zahl der beobachteten Zellen				Grenzkonzentration in Zucker %
Stärke in Zucker %	Dauer d. Einw. in Min.	+	—	Summe	+ in %	
7,00	30	12	104	116	11.3	8,41
7,50	36	18	81	99	18,2	
8,00	30	26	57	83	31,3	
8,50	48	44	38	82	54	

Tabelle 67 b.

Dieselbe Kultur.

8,00	32	22	68	90	24,4	8,63
8,25	62	42	51	93	45,1	
8,50	57	33	41	74	33,5	
8,75	87	50	42	92	54,4	

Mittlere Grenzkonzentration aus beiden obigen 0,1% NaCl-Kulturen $= \frac{8,41 + 8,63}{2} = 8,52.$

Tabelle 68 a.

0,2% NaCl-Kultur v. 25. X. bis 14. XII. 13.

8,50	42	11	183	194	5,6	10,29
9,00	58	32	144	176	18,2	
9,50	58	29	105	134	21,6	
10,00	54	74	122	196	38	
10,50	73	87	62	149	58,4	
11,00	98	44	14	58	76	

Tabelle 68 b.

Dieselbe Kultur.

10,00	32	25	56	81	31	10,36
10,25	95	55	70	125	49	
10,50	118	36	26	62	58,1	

Mittlere Grenzkonzentration aus beiden obigen 2% NaCl-Kulturen $= \frac{10,29 + 10,36}{2} = 10,33.$

Tabelle 69 a.

0,3 % NaCl-Kultur v. 26. X. bis 15. XI. 13. Kultur v. 24. X. 13 aus Erlenbruck.

Plasm. Lösung		Zahl der beobachteten Zellen				Grenzkonzentration in Zucker %
Stärke in Zucker %	Dauer d. Einw. in Min.	+	—	Summe	+ in %	
10,00	54	44	125	169	26	10,88
10,50	121	65	76	141	46	
11,00	134	76	72	148	51,3	
11,50	150	74	26	100	74	
12,50	108	122	3	125	97,6	

Tabelle 69 b.

11,00	34	39	55	94	41,5	11,22
11,50	44	82	52	134	61	

Mittlere Grenzkonzentration aus beiden obigen 0,3 % NaCl-Kulturen $= \frac{10,88 + 11,22}{2} = 11,05.$

Tabelle 70 a.

0,4 % NaCl-Kultur v. 26. X. bis 17. XI. 13.

11,50	47	25	58	83	30,1	12,21
12,00	76	37	50	87	42,6	
12,50	40	62	41	103	60,2	
13,00	134	57	10	67	85,1	

Tabelle 70 b.

Dieselbe Kultur.

12,00	68	16	51	67	24	12,24
12,50	157	29	10	39	74,4	

Mittlere Grenzkonzentration aus beiden obigen 0,4 % NaCl-Kulturen $= \frac{12,21 + 12,24}{2} = 12,23.$

Tabelle 71 a.

0,5 % NaCl-Kultur v. 25. X. bis 19. XI. 13. Kultur v. 24. X. 13 aus Erlenbruck.

Plasm. Lösung		Zahl der beobachteten Zellen				Grenzkonzentration in Zucker %
Stärke in Zucker %	Dauer d. Einw. in Min.	+	–	Summe	+ in %	
12,00	39	16	113	129	12,3	12,46
12,50	53	91	84	175	52	
13,00	62	93	29	122	76,2	

Tabelle 71 b.

12,25	33	38	82	120	31,7	12,72
12,50	57	25	37	52	40,4	
12,75	64	42	40	82	51,2	

Mittlere Grenzkonzentration aus beiden obigen

$$0{,}5\,\%\ \text{NaCl-Kulturen} = \frac{12{,}46 + 12{,}72}{2} = 12{,}59.$$

Tabelle 72.

0,6 % NaCl-Kultur v. 25. X. bis 19. XI. 13.

12,50	45	9	157	166	5,4	
13,00	52	31	91	122	25,4	
13,50	63	33	99	132	25	
14,00	81	54	58	112	48,2	
14,00	58	33	39	72	45,8	14,05
14,25	70	62	32	94	66	
14,50	82	70	23	93	75,2	

Tabelle 73.

Untergetauchte Flocken von *Cylindrocystis* von Erlenbruck 1. VII.

Datum	Plasm. Lösung		Zahl der beobachteten Zellen				Grenzkonzentration in Zucker %
	Stärke in Zucker %	Dauer d. Einw. in Min.	+	—	Summe	+ in %	
2.VII.	7,00	119	43	51	94	46	7,15
	7,50	152	42	32	74	59	
	7,75	168	36	16	52	69	
	8,25	114	69	3	72	96	
3.VII.	6,50	84	22	36	58	38	7,44
	7,00	83	23	32	55	42	
	7,50	76	27	26	53	51	

Mittlere Grenzkonzentration aus beiden obigen Kulturen $= \frac{7,15 + 7,44}{2} = 7,29.$

Tabelle 74.

Schwimmende Flocken von *Cylindrocystis* von Erlenbruck 1. VII. 13.

2.VII.	6,50	111	72	34	106	67	
	6,75	104	101	27	128	79	
	7,00	50	92	58	150	61	
	7,25	90	71	25	96	72	
	7,50	108	77	30	107	72	
	7,75	75	90	38	128	70,3	
	8,00	101	132	16	148	88	
3.VII.	5,50	53	52	105	157	33	6,25
	6,00	58	28	50	78	37,5	
	6,50	54	93	56	149	62	
	7,00	71	99	52	151	66	
	7,50	78	89	29	118	75,5	

Mittlere Grenzkonzentration aus beiden obigen Kulturen = 6,25.

Tabelle 75.

Cylindrocystis vom 3. I. bis 9. I. 14 in Originalwasser kultiviert. Kultur v. 19. XI. 13 aus Erlenbruck.

Plasm. Lösung		Zahl der beobachteten Zellen				Grenzkonzentration in Zucker %
Stärke in Zucker %	Dauer d. Einw. in Min.	+	—	Summe	+ in %	
9,00	51	0	114	114	0	10,27
9,50	102	18	141	159	11,3	
10,00	57	53	102	155	34,2	
10,50	65.	179	110	289	61,9	
10,00	84	61	109	170	35,9	10,27
10,50	88	92	53	145	63,5	
10,00	128	42	86	128	32,8	10,27
10,50	133	78	43	121	64,5	

Mittlere Grenzkonzentration = 10,27.

Tabelle 76.

Cylindrocystis v. 3. I. bis 8. I. 14 unter 38—40 ccm Hg kultiviert.

10,00	130	70	112	182	38,5	10,15
10,50	124	137	44	181	76	
10,00	169	81	83	164	48,2	10,03
10,50	123	102	34	136	75	
10,00	150	59	54	113	52,2	9,90
10,50	142	95	37	132	72	

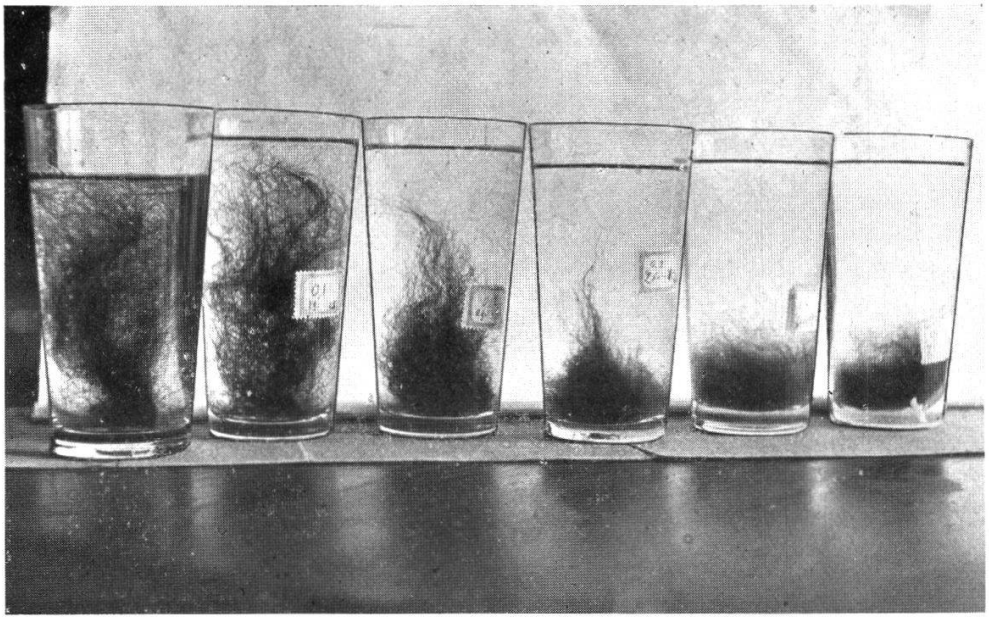
Mittlere Grenzkonzentration

$$= \frac{10{,}15 + 10{,}03 + 9{,}90}{3} = 10{,}03.$$

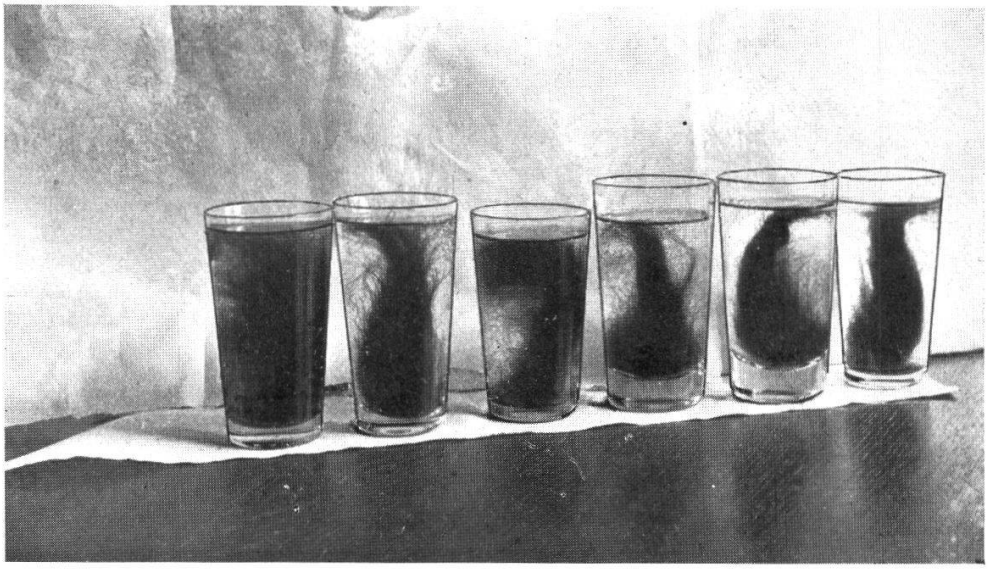
Tabelle 77.

Cylindrocystis v. 10. I. bis 14. I. 14 in Originalwasser kultiviert.

10,00	90	49	118	167	31,2	10.50
10,50	150	62	63	125	49,6	
11,00	161	111	11	122	91	



Kulturen in H_2O: 10 % 20 % 30 % 40 % 50 % — Meerwasser



Kulturen in Zucker: 8 % 4 % 2 % 1 % 0,5 % H_2O.

Tabelle 78.

Cylindrocystis v. 10. I. bis 14. I. 14 unter Luftdruck 38 – 40 ccm Hg kultiviert. Kultur v. 19. XI. 13 aus Erlenbruck.

Datum	Plasm. Lösung		Zahl der beobachteten Zellen				Grenzkonzentration in Zucker %
	Stärke in Zucker %	Dauer d. Einw. in Min.	+	–	Summe	+ in %	
14. I.	10,00 10,50	126 115	65 112	95 60	160 172	41,7 77,9	10,12
14. I.	10,00 10,50		57 104	74 51	131 155	43,5 67,1	10,14

Mittlere Grenzkonzentration $= \frac{10{,}12 + 10{,}14}{2} = 10{,}13.$

Tabelle 79.

Kultur v. *Cylindrocystis* in Originalwasser v. 19. I. bis 27. I. 14.

27. I.	9,00 9,50 10,00	86 71 57	9 70 100	92 68 91	101 138 191	8,9 50,3 52,4	9,50
28. I.	9,00 9,50 10,00	79 69 54	26 47 77	61 38 25	87 85 102	30,0 53,5 75,5	9,43

Mittlere Grenzkonzentration aus 2 Kulturen in Originalwasser $= \frac{9{,}50 + 9{,}43}{2} = 9{,}46.$

Tabelle 80.

CO_2-freie Kultur v. *Cylindrocystis* in Originalwasser v. 19. I. bis 27. I. 14.

27. I.	8,50 9,00	93 87	41 88	78 44	119 132	34,4 66,6	8,77
28. I.	8,50 9,00	74 88	35 78	71 26	106 104	33 75	8,70

Mittlere Grenzkonzentration aus beiden CO_2-freien Kulturen $= \frac{8{,}77 + 8{,}70}{2} = 8{,}74.$