

47. W. Benecke: Über die Giftwirkung verschiedener Salze auf Spirogyra, und ihre Entgiftung durch Calciumsalze.

Eingegangen am 26. Juni 1907.

In einem Aufsatz: „Über die Veränderung des Zellkerns durch kalkfällende Mittel“ behandelt O. LOEW (11) die Giftwirkung der Magnesiumsalze auf Pflanzen und ihre Entgiftung durch Calciumsalze, und greift dabei die Darstellung, welche F. CZAPEK in seiner „Biochemie“ (Bd. 2, S. 850) von dieser Frage gibt, scharf an. CZAPEK hatte ausgeführt, dass die entgiftende Wirkung der Calciumsalze sich nicht bloss, wie LOEW meint, gegenüber den Magnesiumsalzen, sondern auch gegenüber anderen Salzen und Salzgemischen geltend mache; LOEW wirft nun CZAPEK vor, dass er dadurch „die ganze Frage wieder verdunkle und von einem einseitigen Parteilstandpunkt aus behandle.“ Da sich nun diese von LOEW beanstandete Darstellung, wie ein Einblick in die „Biochemie“ zeigt, im wesentlichen auf Versuche und Folgerungen stützt, die von mir (1, 3) herrühren, will ich im Folgendem nachweisen, dass die LOEW'schen Angriffe der Berechtigung entbehren, und einige neue Beobachtungen über die Giftwirkung von Neutralsalzen auf die Algenzelle veröffentlichen. Zur Orientierung diene folgender historische Rückblick auf die Entwicklung der Streitfrage:

Im Anschluss an Angaben früherer Forscher, welche mit höheren Pflanzen — landwirtschaftlichen Kulturgewächsen — experimentiert hatten, teilte LOEW (1) mit, dass Spirogyren, die in dest. Wasser, sowie Kalium- und Natriumsalzlösungen lange Zeit am Leben bleiben, in Magnesiumsalzlösungen bald absterben, und dass die giftige Wirkung des Magnesiums durch Anwesenheit von Calciumsalzen aufgehoben werden kann. Da LOEW eine gleiche Giftwirkung auch bei Überführung der Algen in Oxalatlösungen, nach neueren Angaben (8) auch in Lösungen von NaFl und K_2CO_3 , d. h. Mitteln, die seiner Ansicht nach durch Calciumentzug wirken, eintreten sah, glaubte er, dass auch die Giftwirkung des Mg auf einem Entzug von Ca aus wichtigen Zellorganen¹⁾ und Ersatz desselben durch Mg beruhe,

1) 1902 schloss J. LOEW aus Versuchen mit tierischen Objekten gleichfalls, dass Calciumsalze als Gegengabe gegen Ca-fällende Mittel zu betrachten seien. (Vgl. HOEBER, S. 291.)

welcher Austausch nur durch Anwesenheit von Ca-Salzen verhindert werden könne. Kalium und Natrium, die sich als stärkere Basen nicht so leicht von ihren Säuren trennen sollen, wie das Mg, können nach LOEW das Ca nicht verdrängen, darum auch keine durch Ca-Zusatz zu verhindernde Giftwirkung ausüben. Soweit lassen sich, die Richtigkeit der Versuche vorausgesetzt, die LOEW'schen Ausführungen hören, wenn man sie auffasst als heuristische Hypothesen, die Anregung geben sollen zur genaueren experimentellen Bearbeitung dieser Fragen. Wenn aber LOEW aus seinen Beobachtungen weiter folgert, dass die Grundsubstanz des Zellkerns höherer Pflanzen aus einer Calciumverbindung des „Nukleins“ oder „Chromatins“, die der Chloroplasten aus einer ebensolchen des „Plastins“ bestehe, und dass aus diesen Verbindungen Magnesium das Calcium verdränge und so Desorganisation bewirke, so kann darüber nicht weiter mit ihm gestritten werden, da die fraglichen Calciumverbindungen chemisch vollkommen undefiniert sind, ihre Realität somit weder bewiesen noch widerlegt werden kann. Schon aus diesem Grunde können die Arbeiten BOEHM's RAUMER's u. A., die eine Wechselwirkung zwischen Calciumsalzen einerseits, andern Nährsalzen, zumal Magnesiumsalzen andererseits erweisen, nicht, wie LOEW will, als Stützen seiner Theorie dienen, jene Wechselwirkung ist vielmehr noch unerklärt. Natürlich kann auch der von LOEW (4. 6. 7. 9. 10.) eingeführte Begriff des „Kalkfaktors“ ($\text{CaO} : \text{MgO}$), selbst wenn seine Bedeutung für bestimmte Fälle nachgewiesen werden sollte, nichts über die chemische Natur der Grundsubstanz von Kern und Chloroplast aussagen. Endlich lassen auch PORTHELM's und SAMEC's Befunde, dass in Ca-frei gezüchteten Pflanzen sich ein Überschuss des Mg über das Ca im Vergleich mit normal ernährten Pflanzen einstellt, die LOEW'sche Theorie nicht, wie diese Forscher sagen, „an Wahrscheinlichkeit gewinnen“, denn die Autoren betonen mit Recht selbst, dass man über die Wirkung des im Überschuss aufgenommenen Mg nichts wisse, und dass ferner das Verhältnis der anderen Aschenbestandteile zum Ca gleichfalls grösser werde, als in vollkommen ernährten Pflanzen.

War somit eine auf experimenteller Basis ruhende Stellungnahme zur LOEW'schen Theorie vom chemischen Aufbau jener Organe von vornherein unmöglich, so forderten doch seine Beobachtungen über die Giftigkeit des Mg und dessen Entgiftung durch Ca zu einer Nachprüfung auf. Da war es mir (1, 3) nun aufgefallen, dass Spirogyren und andere Algen in Ca-freien Salzlösungen, die kein Mg, vielmehr nur Kaliumnitrat und Dikaliumphosphat enthielten, „ebenso schnell und unter denselben Symptomen“ abstarben, als in Lösungen, die ausserdem noch Mg enthielten; hiernach konnte meines

Erachtens der Tod bei Ca-Entzug nicht durch eine Wirkung des Mg allein erklärt werden, vielmehr musste eine gleichartige Giftwirkung auch anderen Salzen z. B. K-Salzen zugesprochen werden. LOEW (5) antwortete auf diese Schlussfolgerungen mit verschiedenen Einwänden, ich meinerseits (4) legte meine Auffassung nochmals in einem Sammelreferat dar. LOEW (8) hinwiederum hielt seine Meinung in einem Aufsatz aufrecht, den er mit dem Versprechen schloss, auf weitere „Angriffe“ bloss dann antworten zu wollen, wenn dieselben „wirklich neue Beobachtungen oder neue Ideen brächten.“ Endlich legt er (11) sich in der eingangs genannten Polemik gegen CZAPEK nochmals mit wünschenswerter Deutlichkeit auf seine Anschauung fest: bei Calciummangel und Gegenwart verschiedener Kaliumsalze soll „ein langsames Absterben infolge mangelhafter Ernährung, also quasi ein Tod durch Verhungern eintreten, welcher nur durch Calcium- aber nicht durch Magnesiumsalze aufgeschoben werden kann.“ Die Giftwirkung des Magnesiums bei Ausschluss von Ca sei hingegen „eine wahre Giftwirkung, die gar nicht zu verwechseln ist mit dem eben erwähnten Tod aus Ernährungsmangel.“

In meinen zur Entscheidung der Frage neuerdings angestellten Versuchen verwendete ich *Spirogyra arcta* Ktzg. (nach KIRCHNER's Algenflora), die ich in einem Wiesengraben bei Kiel sammelte; die „Konjugationsstimmung“ war zurzeit der Versuche so stark, dass sie auch bei Zucht in vollständigen Nährlösungen nicht unterdrückt werden konnte, doch wuchsen stets eine genügende Zahl von Fäden vegetativ und dienten als Versuchsobjekte. Vor Beginn der Versuche wurden die Fäden entweder längere Zeit in dest. Wasser, in dem sie sich recht lange wohl befanden, gezüchtet, oder im Wasser ihres natürlichen Standortes oder endlich in künstlichen Nährlösungen. In allen Fällen wurden sie unmittelbar vor Beginn des Versuchs nochmals in reinstem dest. Wasser abgewaschen. Meist gelangten etwa zehn Fäden in kleine, mit den Salzlösungen gefüllte Kölbchen; einige Versuche wurden auch so durchgeführt, dass ein Faden in mehrere Stücke zerschnitten wurde und dann die einzelnen Stücke auf die Kölbchen verteilt wurden. Das hatte den Vorteil, dass in derselben Versuchsreihe nur von einer Mutterzelle abstammende Zellen zum Vergleich gelangten. Da aber selbst Zellen eines und desselben Fadens sich häufig von sehr verschiedener Resistenz erwiesen, wurde doch meistens die erstgenannte Versuchsanordnung gewählt, die eine grössere Zahl von Zellen zu vergleichen erlaubte und so zu besseren Durchschnittswerten führte:

Ich stellte zunächst die folgenden fünf Lösungen her:

1	2	3	4	5
KNO ₃				
K ₂ HPO ₄				
MgSO ₄ +aq	MgSO ₄ +aq	MgSO ₄ +aq	K ₂ SO ₄	Na ₂ SO ₄
CaCl ₂	KCl	NaCl	KCl	NaCl

Die Konzentration jedes Salzes betrug 0,1 pCt.; wie ersichtlich war die Lösung 1 eine „vollständige“ Nährlösung (abgesehen davon, dass Fe fehlte), in Lösung 2 und 3 fehlte von notwendigen Grundstoffen Ca, indem das CaCl₂ der Lösung 1 durch KCl bzw. NaCl ersetzt war; in Lösung 4 und 5 fehlte ausserdem das Mg, hier war MgSO₄ der Lösung 1 durch K₂SO₄ bzw. Na₂SO₄ ersetzt, das CaCl₂ durch KCl bzw. NaCl.

Nach LOEW hätten nur in Lösung 2 und 3 die Algen jene Vergiftungssymptome zeigen dürfen, in 4 und 5 hätte ein langsamer Hungertod eintreten müssen. Tatsächlich zeigte sich aber folgendes: Nach 14 Stunden war nur 1 gut weiter gewachsen, in 2 bis 5 waren die Fäden in die einzelnen Zellen zerfallen, wie das bei Ca-Mangel nicht selten zu beobachten ist (vgl. BENECKE 2). Von diesem Zeitpunkt an starben die Zellen in 2 bis 5 allmählich ab, ohne dass irgend ein Unterschied zwischen diesen Kulturen sich gezeigt hätte; nach 48 Stunden waren nur noch etwa 3 bis 4 pCt. aller Zellen lebend. In Parallelkulturen zu 2 bis 5, die etwas CaCl₂ erhalten hatten, sowie in 1 war kaum eine Zelle abgestorben.

Somit komme ich wieder zu demselben Ergebnis wie früher. In Kalisalzlösungen tritt der Tod infolge Ca-Entzugs ebenso schnell ein, wenn Mg fehlt als bei Gegenwart des Mg. Das Ergebnis ist dasselbe, sei es nun, dass man die Alge vor dem Versuch in dest. Wasser oder in Wasser des Standortes, oder in vollständigen Nährsalzlösungen züchtet, nur werden sie im letzten Falle widerstandsfähiger, so dass der Tod in Lösung 2 bis 5 erst später eintritt. Bemerkenswert ist, dass eine derartige Kräftigung nicht erzielt wird, wenn man die Alge vorher in reinen Calciumsalzlösungen kultiviert; vielleicht werden bei alleiniger Zufuhr von Ca-salzen diese nicht ins Zellinnere aufgenommen. Ich erinnere daran, dass es LIEBENBERG vor Jahren gelang, Bohnen durch Kultur in Ca-haltigem Wasser gegen nachherigen Ca-Mangel widerstandsfähiger zu machen. An diesem Ergebnis hatte zweifellos die bei *Spirogyra* wegfallende Transpiration ihren Anteil.

Ein weiterer Versuch, den ich anstellte, wich von dem oben beschriebenen nur dadurch ab, dass sämtliche Salze in einer fünfmal

geringeren (d. h. 0,02prozentigen) Konzentration verwendet wurden. Es erübrigt sich, ihm eingehender zu beschreiben, weil er zu demselben Ergebnis führte.

Gegen meine früheren gleichartigen Versuche hatte nun LOEW, um seine Theorie zu retten, den Einwand erhoben, dass offenbar meine Algen viel Mg und wenig Ca gespeichert gehabt hätten, dies im Zellinnern gespeicherte Mg hätte die von mir in K-salzlösungen beobachtete Schädigung zur Folge gehabt. Das kann aber, wie ich früher (4) schon sagte nicht der Grund des Ausfalls meiner Versuche gewesen sein, denn es wäre dann schlechterdings nicht einzusehen, warum nicht auch bei Kultur in dest. Wasser sich dieser im Zellinnern vermutete Überschuss des Mg über das Ca schädlich bemerkbar gemacht haben sollte. Gleichwohl prüfte ich den Einwurf LOEW's experimentell, indem ich meine Algen vor dem Versuch längere Zeit in einer Mg-freien, sonst vollständigen Nährlösung züchtete, in welcher sie längere Zeit aushalten. Brachte ich sie hiernach in die Lösungen 1 bis 5, so starben sie wiederum in 2 bis 5 gleich schnell ab, und zwar etwas schneller, als wenn sie vorher in dest. Wasser gehalten worden waren.

Also ergab auch dieser Versuch keinen Anhalt für die Richtigkeit der LOEW'schen Deutung.

Ich wende mich nun dazu, einiges über die Giftwirkung einzelner Salze mitzuteilen. Zunächst prüfte ich einen von LOEW (11) beschriebenen Versuch nach, in welchem eine $\frac{1}{2}$ prozentige $MgSO_4$ -Lösung innerhalb 24 Stunden *Spirogyra* abgetötet, während eine gleich starke KNO_3 - und K_2HPO_4 -Lösung nicht geschadet hatte. Die Nachprüfung meinerseits ergab, dass alle drei Lösungen die Algen innerhalb 12 Stunden abgetötet hatten, ein geringer Gipszusatz hob die Giftwirkung aller drei Lösungen auf. Woran das abweichende Ergebnis LOEW's liegt, daran, dass er bei sehr niedriger Temperatur (8°) arbeitete, oder eine andere Art verwendete, vermag ich nicht zu sagen.

Ein weiterer Versuch, bei welchem die Algen in folgende Lösungen eingebracht wurden:

KNO_3 :	K_2HPO_4 :	$MgSO_4 + aq$:	$CaCl_2$:
0,1 pCt.	0,1 pCt.	0,01 pCt.	0,1 pCt.
$\pm CaN_2O_6$:	$\pm Ca_3P_2O_8$:	$\pm CaSO_4 + aq$:	$\pm CaCl_2$:
0,05 pCt.	0,05 pCt.	0,05 pCt.	0,05 pCt.

lässt die Wirkung derselben Lösungen bei stärkerer Verdünnung erkennen: Nach 36 Stunden, und ebenso nach mehreren Tagen waren die Algen in allen Ca-haltigen Lösungen gesund, in allen Ca-freien

im Gegensatz dazu bis auf wenige Zellen abgestorben. Am frühesten trat die Schädigung ein in der $MgSO_4$ -Lösung, dann in der K_2HPO_4 -, endlich auch in der KNO_3 -Lösung. In der erstgenannten war der Zellinhalt stärker verquollen, als in den anderen Ca-freien Lösungen. Diese zwei Versuche zeigen also im Gegensatz zu LOEW's Ausführungen, dass sowohl in der $MgSO_4$ - als in der KNO_3 - und K_2HPO_4 -Lösung *Spirogyra* schnell abstirbt, falls kein Ca zugegen ist; bei Verwendung von etwa $\frac{1}{2}$ prozentigen Lösungen erweisen sich die drei Salze als annähernd gleich schädlich, bei Verwendung schwächerer, etwa $\frac{1}{10}$ prozentiger Lösungen sind die $MgSO_4$ - etwas giftiger als die K_2HPO_4 -, diese entschieden giftiger als die KNO_3 -Lösungen.

Die bislang beschriebenen Versuche sind nur als vorläufige Orientierungsversuche anzusehen, da ein exakter Vergleich der Wirkung verschiedener Salze natürlich nur bei Verwendung isosmotischer, nicht aber gewichtsprozentisch gleicher Lösungen möglich ist; ausserdem muss auch noch die Wirkung des Anions in Betracht gezogen werden. Die folgenden Versuche, die gleichzeitig Natrium- und Eisensalze in die Untersuchung mit einbeziehen, entsprechen dieser Forderung.

Von den drei isosmotischen Lösungen:

K_2SO_4 : 0,64 pCt., Na_2SO_4 : 0,52 pCt., $MgSO_4 + aq$: 1,82 pCt.

tötete die K_2SO_4 - und die $MgSO_4$ -Lösung die Zellen schon innerhalb 24 Stunden ab, in dieser war der Zellinhalt stärker verquollen als in jener.

Auch in der Na_2SO_4 -Lösung waren die meisten Zellen tot, immerhin ein kleiner Teil noch lebend. Gipszusatz hob auch hier wieder die schädliche Wirkung der drei Lösungen auf. Dieser Versuch bestätigt die früheren Angaben, zeigt ferner, dass Na etwas weniger giftig ist als K.

Der nun folgende Versuch ermöglicht einen Vergleich der Wirkung derselben drei Salzlösungen bei vier verschiedenen Konzentrationen:

	K_2SO_4 pCt.	Na_2SO_4 pCt.	$MgSO_4 + aq$ pCt.
1	2,6	2,1	7,2
2	0,52	0,42	1,45
3	0,10	0,08	0,3
4	0,02	0,016	0,06

Die stärksten Lösungen der drei Salze (1) hatten alsbald Plasmolyse bewirkt, und schon nach drei Stunden war Schädigung und Tod einzelner Zellen zu beobachten. Nach 24 Stunden waren die Zellen in allen $MgSO_4$ -Lösungen tot, nur in $MgSO_4$ 1 waren ganz vereinzelte plasmolysierte Zellen noch am Leben; offenbar hatten diese aus unbekanntem Gründen sich des Eintritts des $MgSO_4$ ins Innere erwehren, und so ihr Leben retten können. Die stärkste K_2SO_4 -Lösung zeigte ausschliesslich, die zweitstärkste grösstenteils tote Zellen, in der dritt- und viertstärksten waren die Zellen weniger geschädigt, zum grossen Teil noch normal. Die stärkste Na_2SO_4 -Lösung hatte ebenfalls alle Zellen getötet, die anderen aber die Zellen weniger geschädigt, als die entsprechenden K_2SO_4 -Lösungen. Die stärkere Giftigkeit des Mg im Vergleich zum K tritt also wiederum besonders in den schwächeren Konzentrationen deutlich hervor, auch die geringere Schädlichkeit des Na im Vergleich zum K ist bei Verwendung nicht zu starker Lösungen deutlicher erkennbar. Parallelkulturen mit $CaSO_4$ -Zusatz zeigten gesunde Zellen, nur in der stärksten $MgSO_4$ -Lösung trat der günstige Einfluss des Ca-Zusatzes nicht sehr deutlich zu Tage; bei der starken Konzentration der $MgSO_4$ -Lösung hatte also das Ca das Mg nur zum Teil zu entgiften vermocht. In der stärksten K_2SO_4 - und Na_2SO_4 -Lösung mit Gipszusatz waren aber alle Zellen gesund und ihre Plasmolyse zurückgegangen.¹⁾

Im Anschluss an diesen Versuch war nun zu fragen, ob Calciumsalze auch dann unschädlich sind, wenn sie allein und in Plasmolyse bewirkender Konzentration auf die Zellen einwirken. Es zeigte sich, dass in den drei Lösungen:

$CaCl_2$: 1,6 pCt., $CaN_2O_6 + 4H_2O$: 3,4 pCt., $CaSO_4 + 2H_2O$: 0,25 pCt.,

deren erste und zweite mit den stärksten Lösungen des vorhergehenden Versuchs isosmotisch sind, die Zellen mehrere Tage lang lebendig blieben; die in der $CaCl_2$ und CaN_2O_6 -Lösung eingetretene Plasmolyse blieb bestehen. Wenn hierdurch festgestellt ist, dass Ca-

1) Dieser Rückgang der Plasmolyse beruht wahrscheinlich auf dem Eindringen des Na_2 - bzw. K_2SO_4 in die Zellen. Wie das Ca dabei wirkt, ist vollkommen unbekannt, vielleicht lässt sich aber die Beobachtung in Zusammenhang bringen mit der von KLEBS beobachteten Erscheinung, dass Zucker nur bei Gegenwart bestimmter Stoffe (Eisenweinstein, KNOP'sche Lösung) in die Konjugatenzelle unter Rückgang der Plasmolyse eindringen kann. — Es wäre auch zu untersuchen, ob der von JANSE in seinen Studien über Meeresalgen beobachtete Plasmolyseausgleich dadurch mit bedingt wurde, dass zur Plasmolyse Lösungen der Salze in „Ca-haltigem Dünenwasser“ verwendet wurden. Jedenfalls zeigt der Ausfall unserer Versuche soviel, dass die günstige Wirkung des Ca nicht einfach darin besteht, dass es auf irgend eine Weise das Eindringen der schädlichen Salze ins Zellinnere verhindert.

Salze während mehrerer Tage, in welcher Zeit K-, Na- und Mg-Salze erheblich schädigen oder abtöten, keinerlei ungünstige Wirkung ausüben; so wäre doch durch weitere Versuche, die sich über noch längere Zeiträume erstrecken, erst zu ermitteln, ob sie ebenso unschädlich sind, wie nach den Versuchen von KLEBS Rohrzucker oder andere Nonelektrolyte, und es müsste ferner durch solche Versuche entschieden werden, ob Zucht in schwachen Ca-salzlösungen bessere Resultate ermöglicht als Zucht in dest. Wasser, wie das seit BOEHM für Keimlinge höherer Pflanzen bekannt ist.

Wir werfen noch einen Blick auf die Wirkung von Eisensalzen, deren Giftwirkung auf *Spirogyra* schon LOEW (1) beschreibt, ohne zu untersuchen, ob auch hier Calciumsalze entgiftend wirken. Ich brachte Fäden der Alge in 0,01 prozentige und 0,05 prozentige Lösungen von Ferrosulfat, mit oder ohne CaSO_4 -Zusatz. Nach 24 Stunden waren in den Ca-freien Lösungen alle Zellen unter Blaufärbung des Inhalts abgetötet, in den Ca-haltigen Fe-Lösungen waren zwar nicht alle, aber doch viele Zellen am Leben geblieben; im Gegensatz zu den abgestorbenen zeigte ihr Inhalt keine Gerbstoffreaktion. Somit war das Ergebnis eine zwar deutliche, aber nicht durchgreifende Entgiftung des Fe durch Ca.¹⁾

Um nun noch die Beteiligung des Anions²⁾ an der Giftwirkung der Salze zu studieren, wurde zunächst die Wirkung folgender isosmotischer Lösungen untersucht (s. obenstehende Tabelle auf S. 330).

Nach 30 Stunden waren die Zellen in allen Mg- und K-Salzlösungen tot, die starke Giftwirkung der Kationen hatte hier offenbar etwaige Unterschiede in der Wirkung der Anionen verschleiert. Von den Na-Salzlösungen zeigte aber nur die Na_2SO_4 -Lösung geschädigte Zellen, in der NaCl-Lösung waren alle Zellen so gesund, als in den mit CaSO_4 angesetzten Parallellösungen. Nach den in der Literatur vorliegenden Angaben (vgl. weiter unten KLEBS und TRUE) wäre es

1) Die Beobachtung, dass die ungeschädigten Zellen im Gegensatz zu den geschädigten keine Gerbstoffreaktion im Zellsaft zeigten, scheint darauf hinzudeuten, dass in diesem Fall das Ca dem Fe den Eintritt ins Zellinnere verwehrte. Aus dem vorher beschriebenen Versuch (vgl. Anm. auf vor. S.), in dem K_2SO_4 bzw. Na_2SO_4 und CaSO_4 gemeinsam auf die Zellen einwirkte, konnte mit grosser Wahrscheinlichkeit geschlossen werden, dass Ca die Alge gegen K und Na auch schützt, ohne diesen den Eintritt ins Zellinnere zu verwehren. — Hier müssen weitere Versuche einsetzen, um das Wesen der Gift- und Schutzwirkung zu erklären und zu ermitteln, ob der Schutz des Ca gegen Fe einer-, Alkalien andererseits ein wesensgleicher Vorgang ist. Es sei daran erinnert, dass in der zoologischen Literatur die Frage, inwieweit die Salzwirkung eine Innen- und inwieweit sie eine Aussenwirkung ist, eine grosse Rolle spielt. Vgl. HERBST, ferner HOEBER S. 259 und 301.

2) Die Beobachtung WOLFG. OSTWALDS, dass Mg im Verein mit SO_4 der Giftwirkung von NaCl auf *Gammarus* entgegenarbeitet, im Verein mit Cl dieselbe aber verstärkt, verdient in diesem Zusammenhang erwähnt zu werden.

KNO_3 :	—	—
0,25 pCt.	—	—
KCl:	NaCl:	$\text{MgCl}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$:
0,18 pCt.	0,14 pCt.	0,33 pCt.
K_2SO_4 :	Na_2SO_4 :	$\text{MgSO}_4 + 7\text{H}_2\text{O}$:
0,33 pCt.	0,27 pCt.	0,9 pCt.
K_2HPO_4 :	—	—
0,33 pCt.	—	—

falsch, daraus auf eine vollkommene Unschädlichkeit des Kochsalzes zu schliessen, nur soviel kann gesagt werden, dass Kochsalz weniger schädlich als Natriumsulfat, d. h. das Ion Cl weniger schädlich als das Ion SO_4 ist. KNO_3 hatte dieselbe Wirkung wie K_2SO_4 ; d. h. die Anionen der Schwefel- und Salpetersäure sind annähernd gleich giftig.

Zum selben Resultat führte folgender Versuch:

KNO_3 :	NaNO_3 :	$\text{MgN}_2\text{O}_6 + 6\text{H}_2\text{O}$:	$\text{CaN}_2\text{O}_6 + 4\text{H}_2\text{O}$:
0,25 pCt.	0,21 pCt.	0,48 pCt.	0,45 pCt.
KCl:	NaCl:	$\text{MgCl}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$:	CaCl_2 :
0,18 pCt.	0,14 pCt.	0,33 pCt.	0,21 pCt.
K_2SO_4 :	—	—	—
0,33 pCt.	—	—	—
K_2HPO_4 :	$\text{Na}_2\text{HPO}_4 + 12\text{H}_2\text{O}$:	—	—
0,33 pCt.	0,68 pCt.	—	—

Nach 18 Stunden waren ungeschädigt nur die Algen in den NaCl- und in den CaCl_2 - bzw. CaN_2O_6 -Lösungen, alle anderen wiesen Schädigung auf. Doch war hier, offenbar infolge der etwas kürzeren Versuchsdauer, zu erkennen, dass KCl weniger als K_2SO_4 geschadet hatte, was also wiederum auf die geringere Giftigkeit des Cl im Vergleich zu SO_4 hinweist. NO_3 erwies sich wieder als etwa ebenso schädlich wie SO_4 . Die NaNO_3 -Lösung hatte ihre Zellen ungefähr ebenso stark geschädigt als die KCl-Lösung, es hatte also, wie zu erwarten war, die Kombination des stärker giftigen Anions NO_3 mit dem weniger giftigen Kation Na ungefähr die gleiche Wirkung entfaltet wie die Kombination des schwächer giftigen Anions Cl mit dem stärker giftigen Kation K. Die beiden Phosphat-

lösungen hatten eine recht erhebliche Giftwirkung ausgeübt, doch sind diese Wirkungen mit den anderen wegen der von der neutralen stark abweichenden Reaktion dieser Lösungen nicht streng vergleichbar. Die starke Giftigkeit der Kombination $\text{KNO}_3 + \text{K}_2\text{HPO}_4$, die oben geschildert wurde, ist aber jedenfalls zum grösseren Teil auf Rechnung des Phosphates zu setzen. —

Wir fassen unsere Versuchsergebnisse folgendermassen zusammen: Während Spirogyren, wie bekannt, in geeigneten vollständigen Mineralsalznährlösungen üppig gedeihen, sind sie gegen die einzelnen Komponenten derselben, ausser gegen die Calciumsalze, auffallend empfindlich. Die Chloride, Nitrate, Sulfate und Phosphate des Natriums, Kaliums, Magnesiums, Eisens sind mehr oder minder giftig, und zwar sind von den genannten Kationen Fe und Mg giftiger als K, dieses giftiger als Na; von den genannten Anionen sind die Phosphat-, Sulfat- und Nitrat-Anionen giftiger als das Anion Cl. Die Giftigkeit aller dieser Ionen, Anionen sowohl als Kationen, kann durch Beigabe des Ions Ca aufgehoben oder doch vermindert werden.

Wenn hiernach dem Ion Ca eine Sonderstellung zukommt, so ist zu bemerken, dass nach Angaben von MOLISCH u. A. zweifellos auch dem Ba und Sr eine ähnliche Schutzwirkung zukommen dürfte. Falls genauere Untersuchungen das bestätigen, könnte man sagen, dass Ba und Sr das Ca zwar in seiner schützenden, aber nicht in seiner ernährenden Funktion vertreten könnte; denn ein Ersatz des Ca durch Ba oder Sr in Nährlösungen ist bekanntlich unmöglich. Auch J. LOEB schlägt neuerdings, veranlasst durch eine Kritik von HERBST, vor, die Funktion der für die Lebensvorgänge unentbehrlichen Mineral-Ionen in eine schützende und eine ernärende zu zergliedern; vorläufig handelt es sich dabei bloss um eine Umschreibung, nicht Erklärung der Versuchsergebnisse, denn weder das Wesen der Schutzfunktion ist bekannt, noch kann etwas Sicheres ausgesagt werden darüber, wie das Ca, Mg, K usw. in die Ernährung und Zellvermehrung eingreift.

Wir werfen nun noch einen Blick auf die Literatur, soweit sie sich mit unsern Versuchsergebnissen berührt.¹⁾ Dass Salze, die häufig als harmlos betrachtet werden, tatsächlich schwache Gifte sind (vgl. PFEFFER S. 330), ist in der Algenphysiologie bekannt, seitdem

1) Wobei die Frage von der Kalkfeindlichkeit bestimmter Pflanzen nicht behandelt werden soll.

KLEBS lehrte, dass plasmolysierende Lösungen von KNO_3 und NaCl nicht bloss durch Wasserentzug, sondern auch durch spezifische Eigenschaften schädigen und nachwies, dass ausgetretenes *Vaucheria*-Plasma, welches sich in Lösungen von schwachem osmotischem Druck (verdünnten Rohrzuckerlösungen) wohler befindet, als in destilliertem Wasser, trotzdem durch verdünnte Lösungen von KNO_3 und NaCl stärker geschädigt wird, als durch destilliertes Wasser. Später zeigte TRUE, dass Lösungen der genannten Salze fast gar nicht durch osmotische Leistung, sondern beinahe nur durch spezifische Eigenschaften schädigen; er fand weiter, dass für *Spirogyra* NaCl weniger schädlich als KNO_3 ist, was durch unsere Untersuchungen bestätigt wurde. Auf andere Pflanzen näher einzugehen, würde zu weit führen, es muss genügen, daran zu erinnern, dass A. FISCHER nachwies, dass für den Heubazillus die Grenzkonzentrationen verschiedener Alkalisalze nicht isosmotisch sind, was eine verschieden starke Giftigkeit anzeigt; wichtig wäre es festzustellen, ob auch bei Bakterien, die kein Ca zum Aufbau der Zellen nötig haben, trotzdem das Ion Ca schützende Wirkungen entfalten könnte. Betreffs der Untersuchungen an höheren Pflanzen sei auf die Arbeiten von BOEHM, PORTHEIM, STIEHR, COUPIN und die dort verzeichnete Literatur verwiesen, nur kurz erinnere ich endlich an die Angaben von LIDFORSS über die ungleich starke Giftigkeit verschiedener Salze auf Pollenschläuche verschiedener Pflanzen. In den ebengenannten Arbeiten ist von Entgiftung schädlicher Salze durch andere Salze oder Stoffe nicht die Rede.¹⁾ Eine derartige Entgiftung wurde 1875 von BOEHM erkannt, welcher fand, dass Bohnen, deren Wurzeln in Ca-Salzlösungen tauchen, gut gedeihen und ihre Reservestoffe mobilisieren, was bei Kultur in destilliertem Wasser nicht geschieht, dass aber andere Salze, z. B. die Sulfate und Phosphate des K, Na, Mg schädlicher sind, als destilliertes Wasser. Die Giftwirkung der Magnesia konnte BOEHM durch CaCO_3 , die der genannten Alkalisalze durch Kombination mit CaN_2O_6 oder CaSO_4 aufheben. Arbeiten, die sich hier anschliessen, beschäftigen sich vorwiegend mit der giftigen Wirkung von Mg-Salzen und deren Entgiftung durch Ca. Hatten schon vor BOEHM W. WOLF und H. WOLFF die Mg-Salze als besonders giftig für viele höhere Pflanzen erkannt, so bestätigte LIEBENBERG später diese Angaben; er fand, dass MgSO_4 -Lösungen auf viele Pflanzen

1) Abgesehen von der Bemerkung von LIDFORSS, dass Rohrzucker die Giftigkeit der Mineralsalze für Pollenschläuche herabsetzt. Nebenbei bemerkt, legt diese Beobachtung nahe, zu untersuchen, ob auch die Giftwirkung der Salze auf *Spirogyra* durch Nonelektrolyte beeinflusst wird. Dass Ca in seiner Schutzfunktion nicht durch Zucker oder Glycerin vertreten werden kann, erkannte allerdings schon LOEW (1). (Vgl. auch BENECKE (1)).

ebenso giftig wirken, als Ca-freie Nährlösungen. dass KNO_3 und K_2HPO_4 weniger giftig sind und korrigierte auch die Angabe von BOEHM, dass CaCl_2 nicht jene günstige Wirkung wie andere Ca-Salze entfalte; dies stimmt mit unsern Resultaten an *Spirogyra* überein. RAUMER fand ebenfalls, dass für Bohnen Ca-freie Salzlösungen schädlicher sind, als destilliertes Wasser und dass deren schädlichste Komponente die Mg-Salze sind; immerhin starben auch bei gleichzeitigem Mangel an Ca und Mg die Pflanzen unter typischen Symptomen des Ca-Mangels (vgl. PORTHEIM), nur etwas verspätet, ab. ATTERBERG fand, dass die Giftwirkung grösserer Mengen von MgO auf Hafer, der in Moorböden kultiviert wird, durch CaO gemindert wird; über ganz ähnliche Resultate auch bei Verwendung anderer Böden (Sandböden) berichtet ULBRICHT; hier findet sich auch die Angabe, dass Hafer gegen Mg weniger widerstandsfähig ist, als Gerste und dass die Entgiftung von MgO durch CaO sich deutlich beim Hafer, weniger beim Mais bemerklich mache. Während diese Arbeiten wesentlich von praktischen Gesichtspunkten geleitet werden, treffen wir in Versuchen SCHIMKIN's, über die ROTHERT berichtet, einschlägige Mitteilungen, die dem Boden der reinen Pflanzenphysiologie entsprungen sind: Die Giftwirkung der Al-Salze wird nach den russischen Forschern durch die Salze der KNOP'schen Lösung, auch durch K-Salze, aufgehoben und ROTHERT weist ausdrücklich darauf hin, dass hierbei eine schützende, nicht etwa eine ernährende Funktion der genannten Salze vorliegt. Ob aus den Versuchen MICHEELS, in denen Pflanzen in NaCl-Lösungen mit und ohne Gipszusatz gezüchtet wurden, eine Entgiftung des Na durch Ca oder bloss ein fördernder Einfluss des Ca (BOEHM) hervorgeht, kann ich nicht entscheiden.¹⁾

Besonders wichtig für uns sind die neuerdings erschienenen Arbeiten von OSTERHOUT und DUGGAR. Ersterer fand, dass Lösungen der einzelnen Seewassersalze den Meeresalgen schädlich sind, dass diese Schädigung durch gleichzeitige Darbietung eines oder mehrerer anderer Salze mehr oder minder herabgesetzt werden kann. Als ein Idealmedium empfiehlt er die Kombination $\text{NaCl} + \text{KCl} + \text{CaCl}_2$ (wobei es hauptsächlich auf die Kationen ankommt), d. h. dasselbe „Dreigespann“, welches nach RINGER und LOCKE (vgl. HOEBER S. 282) als Medium für isolierte Frosch- und Säugetierorgane am empfehlenswertesten ist. Auch DUGGAR konnte durch geeignete Versuchsanstellung nachweisen, dass das NaCl auf Meeresalgen giftig wirken und durch andere Salze entgiftet werden kann. OSTERHOUT's Resultate unterscheiden sich von den unsrigen, an *Spirogyra* er-

1) Auf die Angabe von GALEOTTI, dass die Giftwirkung colloidalen Cu-Lösung auf *Spirogyra* durch NaCl vermindert wird, sei hier nur kurz hingewiesen.

haltenen wesentlich dadurch, dass wir dem Ca (Ba, Sr) eine Sonderstellung gegenüber den andern Salzen zuschreiben mussten, während nach OSTERHOUT jedes Salz des Seewassers durch jedes andere in seiner Wirkung mehr oder minder abgeschwächt wird; er kommt so, wie vor ihm LOEB, zum Begriff der „physiologically balanced solutions“, d. h. Lösungen mehrerer Salze, denen die Giftwirkung abgeht, welche der Lösung jedes einzelnen Salzes innewohnt. Dass hier ein prinzipieller Gegensatz im Verhalten der See- und Süswasser-algen vorliegt, ist nicht wahrscheinlich, ich halte vielmehr dafür, dass bei Fortführung meiner *Spirogyra*-Versuche, Ausdehnung über längere Zeiträume, sich auch an *Spirogyra* ähnliches wird nachweisen lassen, wie an den Meeresalgen. Vielleicht würden Kulturversuche in sehr verdünnten, vollständigen Nährlösungen (Bodenextrakten, ausgefaultem Erbsenwasser nach KLEBS o. ä.) unter Beifügung verschiedener Salze und Salzkombinationen und genauer Beachtung der gegenseitigen Mengenverhältnisse zum Ziel führen. Übrigens erwähnt OSTERHOUT selbst, dass er bei Süswasser-algen zu ganz analogen Ergebnissen gelangt sei, wie bei Versuchen mit Meeresalgen.

Während der eben referierte botanische Literaturbestand über die Entgiftung von Salzen durch andere Salze ein recht kleiner ist, liegen darüber von Seiten der Zoologen, zumal dank den Bemühungen von J. LOEB, schon eine recht grosse Summe von Arbeiten und Erfahrungen vor, von denen einige wenige schon oben erwähnt wurden, und welche in ausführlicher Weise von HOEBER zu einem Gesamtbild verarbeitet worden sind, worauf hier verwiesen sei. Die in diesen zoologischen Studien behandelten Salzlösungen sind meistens solche, welche die Lebenstätigkeit der erwachsenen Zellen und Organe oder den Ablauf bestimmter Entwicklungsvorgänge auf Kosten der in den Versuchsobjekten gespeicherten Reservestoffe ermöglichen und unterscheiden sich somit wesentlich von den „Nährlösungen“ der Botaniker, welche Lösungen die zum Wachstum und zur Vermehrung der Zellen nötigen Mineralstoffe führen. Wenn HOEBER schreibt, dass mit den Untersuchungen von RINGER und LOCKE und andern Zoophysiologyen ein „überaus natürlicher Anschluss der Erfahrungen der Tierphysiologen an die der Pflanzenphysiologen gewonnen sei“, so möchte ich eher sagen, dass dieser Anschluss erst hergestellt werden muss, dadurch, dass sich zoologische Forscher (wie es z. B. schon HEBBST getan hat) mehr der bei Botanikern üblichen Fragestellungen bedienen, und umgekehrt eine grössere Zahl von Botanikern, OSTERHOUT's Beispiel nachahmend, den bisher hauptsächlich von Zoologen betretenen Weg beim Studium der Salzwirkungen wandeln. Jedenfalls bin ich aber mit HOEBER der Meinung, dass der weitere Ausbau des in Rede stehenden Forschungsgebietes erlauben wird, neue

Brücken zwischen Tier- und Pflanzenphysiologie zu schlagen und glaube, dass Parallelen zu ziehen sind zwischen unsern *Spirogyra*-Versuchen und den Erfahrungen der Zoologen, z. B. LOEBS über die Entgiftung des Na durch Ca oder andere Ionen.¹⁾

Über das Wesen der Giftwirkung von Neutralsalzen und ihre Entgiftung durch andere weiss man nichts; es sei darum zum Schluss nur in aller Kürze daran erinnert, in welcher Richtung sich die augenblicklich vorliegenden Erklärungsversuche bewegen: PFEFFER sagt, dass es sich vielleicht in manchen Fällen um die Folge einer Massenwirkung handle, indem z. B. durch die Verdrängung des K oder Ca die Konstitution des Protoplasten verändert und der Tod herbeigeführt wird. Der Vorkämpfer dieser Meinung, die also mit einer organischen Bindung bestimmter, in Nährsalzform gebotener Grundstoffe rechnet, auf zoologischem Gebiet ist LOEB und auf demselben Boden bewegt sich auch die eingangs erwähnte Erklärung, die O. LOEW für die Giftigkeit des Mg und seine Entgiftung durch Ca gegeben hat. Diese könnte hiernach im Prinzip zutreffend sein, immerhin müsste LOEW seine Ansicht ändern, dass nur das Mg, nicht auch das K oder Na solche Giftwirkung ausüben könne, und ferner ganz absehen von jenen hypothetischen, gänzlich unfassbaren Grundsubstanzen der Kerne und Chloroplasten. Die besagte Erklärung kann aber nicht für alle Fälle ausreichen, denn die oben erwiesene Entgiftung bestimmter Anionen durch das Kation Ca lässt sich nicht einfach durch eine derartige Wechselwirkung zwischen Kationen erklären. So ist denn darauf hinzuweisen, dass HOEBER überhaupt von einer organischen Bindung von Kationen (exkl. Fe) absehen möchte²⁾, und glaubt, dass die Wirkung von Elektrolyten und deren Kombinationen ihre Erklärung finden wird durch das Studium der Beziehungen zwischen Colloiden und Salzen, und darauf hinauslaufen wird, dass der richtige für die Lebensvorgänge unerlässliche Lösungszustand der Colloidsubstanzen des Protoplasmas durch Anwesenheit bestimmter Salze und Salzgemische gewährleistet wird.

1) O. LOEW (11) ist freilich auch hier anderer Meinung wie ich, und sagt, jener LOEB'sche Befund sei „ein für Seetiere ganz spezieller Fall und ohne Analogie bei höheren Land- und den Süßwassertieren“. Dieser Behauptung gegenüber genügt es, darauf hinzuweisen, dass die RINGER-LOCKE'sche Lösung u. a für Organe von Säugetieren erprobt worden ist, ferner darauf, dass WOLFG. OSTWALD für einen Süßwasser*gammara*s nachweisen konnte, dass die Giftigkeit des NaCl durch andere Salze herabgemindert oder ganz aufgehoben werden kann.

2) Übrigens geht HOEBER wohl zu radikal vor, wenn er meint, dass von den Nährsalzonen nur die Anionen und das Fe am Aufbau des Organismus teilnehmen, nicht aber K, Mg, Ca, die vielmehr „denselben Rang einnehmen sollen, wie die Kationen in der RINGER-LOCKE'schen Lösung“.

Für die Pflanzenphysiologie ist jedenfalls noch nicht die Zeit der „Erklärung“, vielmehr erst der gründlichen experimentellen Durcharbeitung dieser Fragen angebrochen.

Botanisches Institut, Kiel.

* * *

Nachschrift: Eine Arbeit von LOEW und ASO: „On physiologically balanced solutions“ (Bull. coll. of agric. Tokyo, 1907. Vol. 7 S. 395), die mir soeben zugeht, während ich im Begriff bin, das Manuskript abzusenden, ist nicht mehr berücksichtigt worden.

Literatur.

- ATTERBERG, Svensk. Moork. För. Tidsk. 1891. S. 121 (cit. nach ULBRICHT (2)).
BENECKE, W. (1), Bot. Ztg. 1898. Bd. 56, 1. Abt., S. 83.
— (2), Pringsh.'s Jahrb. 1898. Bd. 32, S. 474.
— (3), Bot. Ztg. 1903. Bd. 61, 1. Abt., S. 79.
— (4), Ebenda. 1904. Bd. 62, 2. Abt., S. 113.
BOEHM, J., Ber. d. Wien. Akad., math.-nat. Kl. 1875. Bd. 71, 1, S. 287.
COUPIN, H., Rev. gén. d. Bot. 1898. Bd. 10, S. 177.
CZAPEK, F., Biochemie der Pflanzen, 2. Bd. Jena 1905.
DUGGAR, M. B., Trans. of the ac. of sc. of St. Louis 1906. Vol. 16, p. 473.
FISCHER, A., Pringsh.'s Jahrb. 1895. Bd. 27, S. 1.
GALEOTTI, G., Biolog. Centralblatt 1901. Bd. 21, S. 321.
HERBST, C., Arch. f. Entwicklungsmechan. 1904. Bd. 17, S. 306.
HOEBER, R., Physikal. Chem. d. Zelle und d. Gewebe. 2. Aufl. Leipzig 1906.
JANSE, J. M., Bot. Centralb. 1887. Bd. 32, S. 21.
KIRCHNER, COHN's Kryptogamenflora von Schles. Bd. 2, Abt. 1. Breslau 1878.
KLEBS, G., Tübinger Untersuchungen, Bd. 2. 1888. S. 542.
LIDFORSS, B., Pringsh.'s Jahrb. 1896. Bd. 29, S. 36.
V. LIEBENBERG, A. Ritt, Sitzungsber. der Wien. Akad., math.-nat. Kl. 1881. Bd. 84, S. 434.
LOEB, J., Pflüg. Arch. 1905. Bd. 107, S. 252.
LOEW, O. (1), Flora 1892. Bd. 75, S. 368.
— (2), Bot. Centralb. 1895. Bd. 63, S. 168.
— (3), Ebenda, 1895. Bd. 64. S. 434.
— (4), Landwirtsch. Jahrb. 1902. Bd. 31, S. 561.
— (5), Flora 1903. Bd. 92, S. 489.
— (6), Landwirtsch. Jahrb. 1903.
— (7), Ebenda 1904. Bd. 33, S. 163.
— (8), Flora 1905. Bd. 94, S. 330.
— (9), Landwirtsch. Jahrb. 1905. Bd. 34, S. 131.
— (10), Ebenda 1906. Bd. 35, S. 527.
— (11), Bull. of the coll. of Agric. Tokyo 1906. Vol. 7, p. 7.
MICHEELS, H., Compt. rend. de l'ac. des sciences. Paris, 28. 11. 06.

- MOLISCH, H., Sitzungsber. d. Wien. Ak., math.-nat. Kl. 1895. Bd. 104, 1, S. 781.
OSTERHOUT, W. J. W., Bot. Gaz. 1906. Vol. 42, p. 127.
OSTWALD, WOLFG., Pflüg. Arch. 1905. B. 106, S. 568.
PFEFFER, W., Pflanzenphysiologie, 2. Aufl., Bd. 2. Leipzig 1904.
V. PORTHEIM, L. Ritt., Sitzungsber. d. Wien. Ak., math.-nat. Kl. 1901. Bd. 110, 1, S. 113.
— und SAMEC, Flora 1905. Bd. 94, S. 263.
V. RAUMER, E., Landw. Versuchsstat. 1883. Bd. 29, S. 253.
ROTHERT, W., Bot. Ztg. 1906. Bd. 64, 1. Abt., S. 43.
STIEHR, G., Inaug.-Diss. KIEL. 1903.
TRUE, R. H., Bot. Gaz. 1898. Bd. 26, S. 407.
ULBRICHT (1), Das landw. Versuchswesen in Preussen. 1892, S. 48. 1893, S. 43. 1894, S. 51. 1895, S. 124.
— (2), Die landw. Versuchsstat. 1899. Bd. 52, S. 383.
WOLF, W., Landw. Versuchsstat. 1864. Bd. 6, S. 268 (zit. nach BÖHM).
WOLFF, H., Landw. Versuchsstat. 1868. Bd. 10, S. 367 (cit. nach PORTHEIM u. SAMEC).

48. Werner Magnus und Hans Friedenthal: Über die Artspezifität der Pflanzenzelle.

Eingegangen am 25. Juni 1907.

In unseren früheren Mitteilungen über die Verwertbarkeit der Präcipitinreaktion zur Aufdeckung verwandtschaftlicher Beziehungen bei Pflanzen¹⁾ waren wir stillschweigend von der Vermutung ausgegangen, dass alle Pflanzenteile bzw. -zellen sich bei dieser Reaktion gleichwertig erweisen müssten. Wir glaubten dies besonders daraus folgern zu dürfen, dass einer von uns gezeigt hatte,²⁾ dass während der ganzen Embryonalentwicklung eines Tieres seine Organsäfte stets gleiche Reaktionen ergeben. — Dennoch dürfte der experimentelle Nachweis der Gleichartigkeit der präcipitierenden Substanzen für alle Zellen einer Pflanzenart nicht überflüssig sein. Denn es hat bisher keine sichere Entscheidung darüber getroffen werden können, ob verschiedene künstlich isolierte Eiweissubstanzen

1) Diese Berichte, Bd. XXIV, S. 601ff, und dieser Band, S. 242.

2) HANS FRIEDENTHAL, Archiv für Anat. und Phys., Phys. Abt., 1905.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

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

Jahr/Year: 1907

Band/Volume: [25](#)

Autor(en)/Author(s): Benecke Wilhelm

Artikel/Article: [Über die Giftwirkung verschiedener Salze auf Spirogyra, und ihre Entgiftung durch Calciumsalze. 322-327](#)