



Title	KOLLOIDCHEMISCHE FORSCHUNGEN ÜBER DAS PFLANZENPLASMA
Author(s)	TADOKORO, Tetsutaro
Citation	Journal of the College of Agriculture, Hokkaido Imperial University, Sapporo, Japan, 8(5), 143-182
Issue Date	1919-08-30
Doc URL	http://hdl.handle.net/2115/12548
Type	bulletin (article)
File Information	8(5)_p143-182.pdf



[Instructions for use](#)

KOLLOIDCHEMISCHE FORSCHUNGEN ÜBER DAS PFLANZENPLASMA

VON

Tetsutaro Tadokoro

I. Die Veränderung der kolloidalen Eigenschaften des Plasmas durch Vermischung mit Neutralsalzen.

Die kolloidchemischen Untersuchungen über das Pflanzen Zellplasma wurde bis jetzt von vielen Autoren aufgenommen und folgende verschiedene Resultate berichtet: GAIDUKOW,¹⁾ in seinen Versuchen über das Zellplasma von Tradescantia, Myxomyceten, verschiedenen Algen, Hefe und einigen Moosen, kam zu folgenden Schlüssen: Überall sah er im lebenden Protoplasma Teilchen mit Brownscher Bewegung, es muss somit aus Hydrosolen bestehen. Diese war bei lebendem wie bei totem Protoplasma zu beobachten. Eine Analogie dazu bildet ein Befund von O. NÄGELI,²⁾ der bei einem Wurzelhaar von Hydrocharis, gemacht wurde. W. LEPESCHKIN³⁾ schreibt über die kolloide Natur des Protoplasmas wie folgt "Wahrscheinlich ist, dass das lebende Plasma eine kolloidale Lösung emulsionsartiger Natur ist." CZAPEK⁴⁾ ist der Ansicht, dass das lebende Protoplasma als kolloidale Emulsion des Lipoides in hydrokolloidalen Lösungen, welche Eiweiss und anorganisches Salz enthalten, betrachtet werden muss. Durch Zusatz von neutralen Salzen wird die Natur von kolloidalen Lösungen des Protoplasmas, wie auch die anderen allgemeinen kolloidalen Lösungen, in ihren Eigenschaften verändert.

Ueber den Einfluss von Elektrolyten auf die Zustandsveränderungen der

1) Dunkf. u. Ultramk. in d. Biol. u. in d. Med., Jena (1910)

2) Bechhold—Die Kolloide in Biol. u. Med., Dresden, 256 (1912),

3) Ber. deuts. bot. Ges., **29**, 188 (1911)

4) Ann. Missouri Bot. Gard. **2**, 241—252 (1915)

Organkolloide und besonders des kolloidalen Eiweisses wurde von vielen Autoren berichtet, dass Salze den Koagulationspunkt erhöhen, und dass die Ausflockungsgeschwindigkeit (Koagulationsgeschwindigkeit) von der Konzentration der Kolloidlösung und der Elektrolyten abhängig ist. Dieser Salzeinfluss auf die kolloidalen Lösungen bewirkt nicht nur die Erhöhung ihrer Ausflockung, sondern verursacht auch ihre Ausfällung. Die Wirkung der zwei- und dreiwertigen Kationen ist stärker fällend als die der einwertigen Kationen. Die Konzentration der Elektrolyten zur Ausflockung einer Mastixsuspension z. B. verhält sich bei $\text{FeCl}_3 : \text{BaCl}_2 : \text{NaCl} = 1 : 50 : 1000$.

Die Zustandsänderungen durch Salzwirkung auf die Membrankolloide (der Plasmahaut) prüfte HÖBER¹⁾ in allen ihren Vorgängen und kam zu gleicher Ansicht erwähnter Autoren, und er sagt wie folgt. Ein Uebergang aus dem Sol- in den Gelzustand, d.h. ein Aufhören der Brownschen Bewegung wurde bei normalen lebenden Zellen nicht beobachtet. Mit dem Tode gelatinisiert die Struktur des Bewegungsscheibchen. Es ist nun ein wesentlicher Unterschied ob das Plasma langsam abstirbt oder durch Fixierungsmittel (Alkohol, Formalin u.s.w.) plötzlich getötet wird. Im ersteren Falle tritt Fällung (Ausflockung) ein, während in letzteren ein Erstarren erfolgt; ein Unterschied, der sich im ultramikroskopischen Bilde deutlich zu erkennen gibt.²⁾ Somit scheint die Gelatinierung oder die Ausflockung des Protoplasmas, verursacht durch Zusatz von neutralen Salzen, für lebende Zellen schädlich zu sein. Die Giftwirkung der Neutralsalze ist im grossen ganzen reversibel.

Der Frage der Giftwirkung des Salzes auf Pflanzenkeimlinge haben viele Autoren bis zum gegenwärtigen Zeitpunkt ihre Aufmerksamkeit gewidmet. ZELLNER³⁾ zeigte, dass Na_2CO_3 in $1/300$ Konzentration auf Kresse und Hafer giftig wirkt, wogegen MgSO_4 sogar in $1/100$ Konzentration keine Wirkung zeigt. LEA⁴⁾ beobachtete, ebenfalls eine Giftwirkung von Na_2CO_3 auf die

1) Tübinger Arbeiten, **11**, 179 (1886); Physik. Chemie d. Zelle u. d. Gewebe, Leipzig (1911)

2) Bechhold—Die Kolloide in Biologie u. Medizin, Dresden, 225—257 (1912)

3) Inaugural Diss. (1876), Berlin.

4) Amer. Jour. Sc. & Arts., 197 (1867)

Keimung von Samen. FLEISCHER¹⁾ fand, dass Raps- und Kleesaat in 1/8% iger Konzentration von Na₂CO₃ zu Grunde gerichtet wurde, wogegen aber bei Behandlung von Weizen-, Gersten-, Buchweizen- und Sonnenblumensaat mit 11% iger Na₂SO₄ und NaCl Lösung kein erkennenswerter Einfluss wahrzunehmen war. TAUTPHOEUS²⁾ studierte den Einfluss von KCl-, K₂SO₄-, K-Phosphat-, NaCl-, NaNO₃- und Ca(NO₃)₂- Lösungen auf die Keimlinge von Weizen, Roggen, Mais und Bohnen und fand, dass diese Salze mehr oder weniger giftig wirken, sogar in 0.5% iger Konzentration. YOSHII³⁾ berichtet, dass NaCl, CaCl₂ und MgCl₂ auf Reiskeimlinge in 0.1, 0.2 und 0.5% iger Konzentration giftig wirken. Bei den Salzen der Schwermetalle wirken schon ganz minimale Dosen schädigend oder tödlich. Nach STIEHR⁴⁾ werden die Wurzelhaare von Phleum schon durch 0.5% ige KCl Lösung getötet. Viel giftiger wirken Mg-Salze: MgCl₂ in 0.5% iger Konzentration tötet Phleum. KATO⁵⁾ studierte ebenfalls den Einfluss von NaCl auf die Keimung von Reis und findet, dass in einer Konzentration von 1.2% die Keimungszeit verzögert wird, während in 2.8% iger Konzentration die Keimung gehemmt wird. In neuerer Zeit untersuchte MIYAKE⁶⁾ den Einfluss von Alkalisalzen auf die Reiskeimlinge und fand folgende Resultate in bezug auf die Giftwirkung der folgenden Salze in nachstehenden Konzentrationen :

Salze	Giftige Konzentration	Salze	Giftige Konzentration
MgSO ₄	> 1/100 N	NaCl	> 1/100 N
MgCl ₂	> 1/100 N	Na ₂ CO ₃	> 1/100 N
CaCl ₂	> 1/100 N	NaHCO ₃	> 1/50 N
Na ₂ SO ₄	> 1/50 N		

Ein interessanter Versuch über die Giftwirkung von Alkalisalzen in verschiedenen Konzentration auf das Wachstum der Keimlinge nachstehender Pfla-

- 1) Nobbe - Handbuch der Samenkunde, Berlin, 268-270 (1876)
- 2) Inaugural Diss. (1875); Jahresber. Agrikchem., 18-19, 240 (1875-1876)
- 3) Jour. Scie. Agr. Soc., Tokyo, 2, 17 (1889)
- 4) Dissertation, Kiel, 1903
- 5) Jour. Scie. Agr. Soc., Tokyo, 105, 1-13 (1911)
- 6) Jour. Coll. Agr. Tohoku Imp. Univ., Sapporo, 8, 252 (1915)

zenarten wurde nach KEARNEY und HARTER¹⁾ gemacht. Ihre Resultate sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt.

Kritische Konzentration von reinen Lösungen.

Salze Pflanzen	MgSO ₄	MgCl ₂	Na ₂ CO ₃	Na ₂ SO ₄	NaCl	NaHCO ₃
Lupine 1	0.00125 N	0.0025 N	0.005 N	0.0075 N	0.02 N	0.02 N
„ 2	0.007 N	0.0075 N	0.0125 N	0.04 N	0.045 N	0.03 N
Alfalfa	±0.001 N	±0.002 N	—	—	—	—
Weizen	0.005 N	0.005 N	0.0125 N	0.04 N	0.045 N	0.025 N
Mais	0.25 N	0.08 N	0.015 N	0.05 N	0.04 N	0.05 N
Hafer	0.00187 N	0.00187 N	0.00625 N	0.0175 N	0.02 N	0.0075 N
Baumwolle	0.00031 N	0.0004 N	0.005 N	0.005 N	0.0063 N	0.0063 N
Rübe	0.0005 N	0.0005 N	0.00125 N	0.00087 N	0.025 N	0.0075 N

Die in dem Vorangehenden kurz skizzierten Versuchsergebnisse haben im Verfasser den Wunsch erweckt, sich über folgende Fragen Klarheit zu verschaffen. Diese betreffen die Veränderung der kolloidalen Eigenschaften des Zellplasmas höherer Pflanzen durch Zusatz von Salzen, das Verhältnis zwischen den giftigen Konzentrationen der neutralen Salzlösungen für lebende Zellen und die Veränderung der Plasmakolloide.

1. Auswahl der Proben.

Zur Gewinnung von frischem Presssaft wählte ich als Versuchsmaterial Weizenkeimlinge. Reiner Quarzsand welcher mit verdünnter HCl-Lösung gekocht und dann mit Wasser gewaschen worden war, wurde in eine grosse Glasschale gefüllt und mit Weizensamen besät. Nachdem die Keimlinge 5—8 cm Länge erreicht hatten, wurden sie im Porzellanmörser zerstampft, und der frische Presssaft durch ein Seidentuch filtriert. Hierauf wurde der so gewonnene emulsionsartige Saft, der aus einem Gemisch von Plastiden und Zytoplasma u. s. w. bestand, zu folgendem Versuch verwendet.

1) Bull. No. 113, Bureau of Plant Industry, U. S. Dept. of Agr. (1907).

2. Der Versuchsprozess.

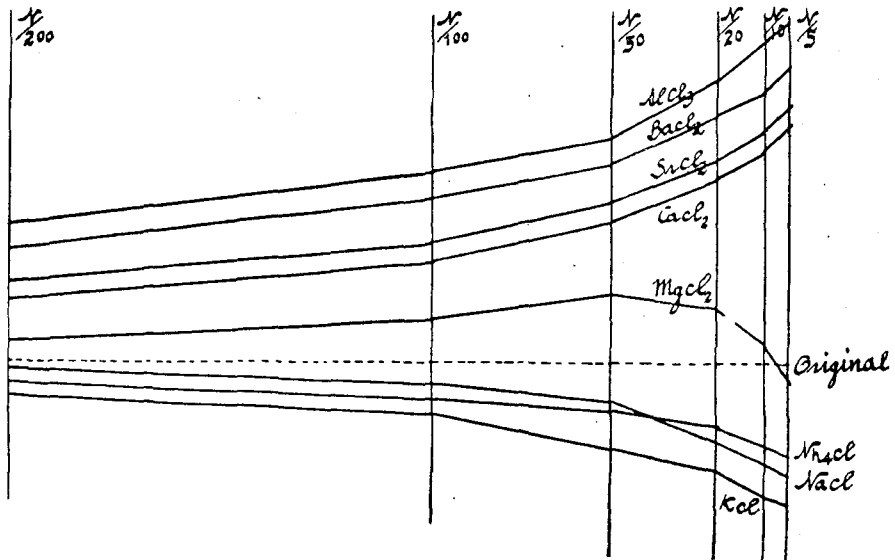
20 ccm der Suspension oder kolloiden Lösung in einer grössern Zahl von Messröhrchen wurden mit 0.5 ccm einer Salzlösung versetzt, deren Konzentration folgende Werte aufwies: $1/200$ N; $1/100$ N; $1/50$ N; $1/20$ N; $1/10$ N und $1/5$ N. Um das Anhaften der ausgeflockten Teilchen an der inneren Wand der Röhrchen zu verhindern, versetzte ich diese mit Hülfe einer elektrischen Rüttelmaschine in leise zitternde Bewegungen. Nach dem die Röhrchen eine bestimmte Zeit (1 ; 6 ; 12 und 24 Stunden) einer konstanten Temperatur ausgesetzt gewesen waren, prüfte ich die Veränderung der Plasmakolloide durch Vergleich mit den Kontrollproben. Die Darstellung dieser Versuchsergebnisse geschieht am besten mit Hülfe graphischer Tabellen. Es ergeben sich dabei folgende Daten ; die Punkte auf der Originallinie zeigen den Kolloidzustand des originalen Saftes in den Kontrollproben. Die Punkte über der Originallinie entsprechen somit der Ausflockungskraft des Salzes und die unter der Linie befindlichen der Auflösungskraft.

3. Vergleich der Veränderungskraft des Kations von neutral Salzen auf die Plasmakolloide.

Als Versuchsmaterial wählte ich die Chloride von Kalium, Natrium, Ammonium, Magnesium, Calcium, Strontium, Barium und Aluminium.

Wenn in der nebenstehenden Figur die Konzentration der Salzlösung auf der Y Achse und die Höhe der Klarlösung nach der Ausfällung auf der X Achse aufgetragen werden, so kann man aus jeder Kurve durch ihrer Entfernung von der X Achse die Ausfällungs- und Auflösungskraft der Salzlösung leicht ersehen.

Fig. 1.

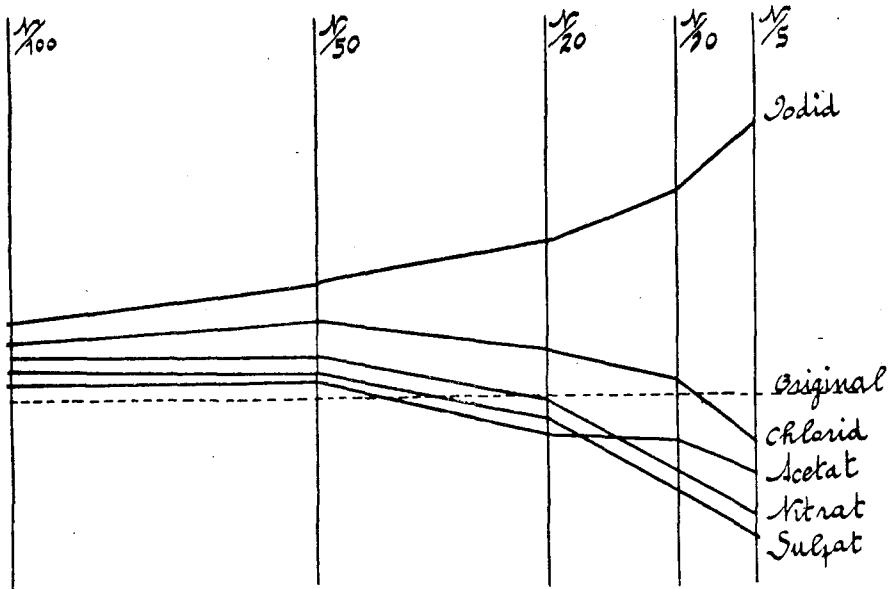


Aus obiger Figur ersieht man, dass die Chloride von Aluminium, Barium, Strontium, Calcium und Magnesium die Ausflockung von Plasmakolloiden mit absteigender Kraft bewirken. Dagegen verzögern die drei Chloride von Ammonium, Natrium und Kalium die Ausflockung (Auflösung); diese Kraft ist am stärksten bei Kalium und am schwächsten bei Ammonium. Die Wirkungen dieser Salze verhält sich beinahe wie ihre Konzentration, wogegen Magnesium Chlorid über $N/50$ Konzentration die Ausflockung verzögert.

4. Vergleich der Veränderungskraft des Anions von Magnesiumsalzen auf die Plasmakolloide.

Als Versuchsmaterial wählte ich das Iodid, Chlorid, Acetat, Nitrat und Sulfat von Magnesium.

Fig. 2.

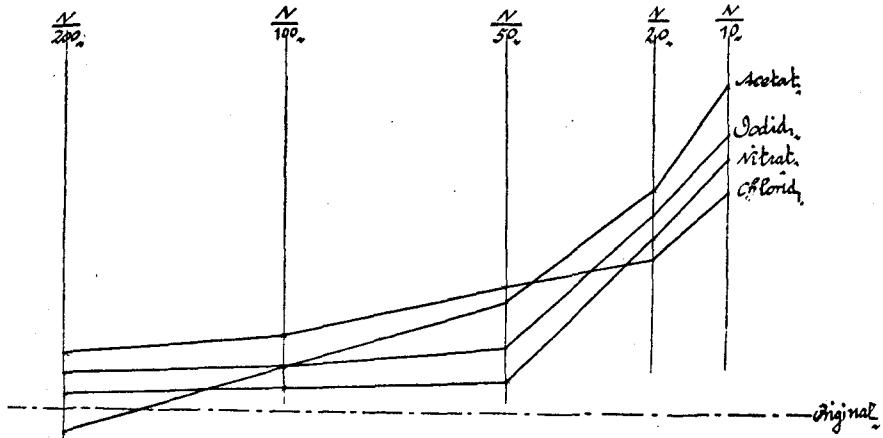


Obige Figur zeigt, dass die Wirkung von Magnesiumsalzen auf die Plasmakolloide nach ihren Anionen sehr veränderlich ist. Alle fünf Magnesiumsalze besitzen die Ausflockungskraft in verdünnter Konzentration wie bei $< N/100$; dagegen zeigen sie bei $N/50 \sim N/5$ Konzentration eine entgegengesetzte Erscheinung. Die Ausflockungskraft von Mg-Iodid wird mit der Vergrößerung der Konzentration vermehrt; bei Mg-Chlorid vermindert sich die Kraft bei einer Konzentration grösser als $N/50$; in grösserer Konzentration als $N/10 - N/5$ wird die Ausflockung im Vergleich mit der Originallösung verzögert. Bei Magnesiumsulfat, Magnesiumnitrat und Magnesiumacetat wurde in grösserer Konzentration als $N/50 - N/20$ eine Verzögerung der Ausflockung (Auflösung) beobachtet, wobei die Stärke ihrer Auflösungskraft in obiger Ordnung sich vermindert. Nächst dem wählte ich als Material Calciumsalze und verglich sie mit dem Magnesiumsalzen.

5. Vergleich der Veränderungskraft des Anions von Calciumsalzen auf die Plasmakolloide.

Als Versuchsmaterial wählte ich Acetat, Iodid, Nitrat und Chlorid von Calcium.

Fig. 3.



Die Ausflockungskraft dieser vier Salze steigt mit Vergrößerung ihrer Konzentration an und zwar entsprechend ihrer Reihenfolge. Bei der schwachen Konzentration von N/200 ist die Kraft des Chlorids am stärksten, hierauf folgen Iodid und Nitrat, während das Acetat am schwächsten wirkt. Bei der starken Konzentration von N/10 hingegen ist die Kraft vom Acetat am stärksten, nächst dem folgen Iodid und Nitrat, wogegen das Chlorid am schwächsten wirkt. Diese Ausflockungs- oder Gerinnungskraft der Calciumsalze wird durch die Temperatur verändert und die Geschwindigkeit ist größer als die Temperaturerhöhung. Im folgenden Versuche wählte ich Calciumchlorid als Material und bestimmte den Anfang der Ausflockung der Plasmakolloide. (In der Tabelle bedeuten St=Stunden, Mu=Minuten, Sk=Sekunden).

Tabelle 1.

Konzentration der Salzlösung	Temperatur			
	65°C	48°C	32°C	20°C
N/90	3 Mu 30 Sk	8 Mu 0 Sk	0 St 42 Mu 0 Sk	—
N/300	3 Mu 20 Sk	12 Mu 0 Sk	1 St 15 Mu 0 Sk	1 St 0 0
N/600	4 Mu 0 Sk	15 Mu 0 Sk	1 St 39 Mu 0 Sk	—
N/1200	4 Mu 30 Sk	18 Mu 0 Sk	2 St 5 Mu 0 Sk	26 St 0 0
Kontroll Probe	4 Mu 50 Sk	19 Mu 0 Sk	—	—

Aus diesen Zahlen der Tabelle berechnete ich die folgenden Werte und verglich die Temperaturerhöhung mit der Gerinnungsgeschwindigkeit.

Tabelle 2.

Temperatur	Differenz d. Geschwindigkeit.					
	bei N/300 Konz.			bei N/1200 Konz.		
	Minuten	Pro. 1°C	Verhältnis	Minuten	Pro. 1°C	Verhältnis
65° ~ 48°C	9.	0.53	1.	14.	0.82	1.
48° ~ 32°C	63.	3.90	7.	107.	6.60	8.
32° ~ 20°C	825.	68.7	129.0	1560.	130.00	158.

Aus diesen berechneten Werte lassen sich folgende Ergebnisse zusammenfassen.

1) Die Gerinnungsgeschwindigkeit von Ca-Chlorid verkleinert sich bei Erniedrigung der Temperatur.

2) Die Verzögerung der Geschwindigkeit durch Temperaturerniedrigung steigt mit stärkerer Verdünnung der Salzlösung.

3) Der Einfluss der Temperatur auf die Gerinnungsgeschwindigkeit ist grösser als der der Salzkonzentration.

6. Verhältnis zwischen der giftigen Konzentration des Salzes für lebende Zellen und der Veränderung der Plasmakolloide.

Durch obige Experimente haben wir also bestätigt, dass Salze in gewisser Konzentration den normalen Zustand des Plasmakolloides ändern. Folgende Tabelle enthält den Vergleich unserer experimentellen Resultate mit TAUPHÖEUS, KEARNEYS und HARTERS Experimenten, in denen sie die für das Wachstum von Weizenkeimlingen schädliche Konzentration massen.

Tabelle 3.

Salzarten	Giftige Salzkonzentration für Weizenkeimlinge.		Veränderungsgrad der Plasma- kolloide von Weizenkeimlinge.	
	nach TAUTPHOEUS	nach KEARNEY u. HARTER	Ausflockung	Auflösung
NaCl	>0,5% = Ca.N/2	> N/25		+ +
KCl	>0,5% = Ca.N/15			+ + +
Na ₂ SO ₄		> N/25		+
NaNO ₃	>0,5% = Ca.N/17			+
K ₂ SO ₄	>0,5% = Ca.N/38			+
Ca(NO ₃) ₂	>0,5% = Ca.N/47		+ + +	
Mg SO ₄		> N/200	+	
Mg Cl ₂		> N/200	+ +	

Aus den Tabellen lässt sich mit Sicherheit schliesen, dass die giftige Konzentration des Salzes für lebende Zellen merkwürdige Veränderungen der Plasmakolloide verursacht.

7. Zusammenfassung.

Aus obigen Versuchsergebnissen lassen sich die folgenden Ergebnisse zusammenfassen.

1) Die verschiedenen neutralen Salze bewirken mehr oder weniger grosse Veränderungen an den emulsionsartigen Plasmakolloiden.

2) Im Vergleichsversuch zur Bestimmung der Veränderungskraft der Kationen von neutralen Salzen wählte ich die Chloride von Natrium, Kalium, Ammonium, Magnesium, Calcium, Strontium, Barium und Aluminium, wobei ich zwischen diesen Salzen folgende Unterschiede erkannte: Alle Chloride von Aluminium, Barium, Strontium, Calcium und Magnesium verursachen die Ausflockung von Plasmakolloiden, und zwar nimmt ihre Kraft in obiger Ordnung ab. Dagegen verzögern die drei Chloride von Ammonium, Natrium und Kalium die Ausflockung, hierbei ist die Kraft bei Kalium am stärksten und bei Ammonium am schwächsten.

3) Im Vergleichsversuch zur Feststellung der Veränderungskraft der Anionen von Magnesiumsalzen wählte ich als Versuchsmaterial Iodid, Chlorid, Acetat, Nitrat und Sulfat und fand folgende Unterschiede: Die Wirkung von Magnesiumsalzen auf die Plasmakolloide ist sehr veränderlich je nach den Anionen. Alle fünf Salze von Magnesium haben bei kleiner Konzentration dieselbe Ausflockungskraft wie in $< N/100$, dagegen zeigen sie in $N/50 \sim N/5$ Konzentration entgegengesetzte Erscheinungen. Die Ausflockungskraft von Mg-Iodid wird nach Verstärkung der Konzentration vermehrt, bei Mg-Chlorid dagegen vermindert sich dessen Kraft in grösserer Konzentration als $N/50$; in grösserer Konzentration als $N/10 \sim N/5$ wird die Ausflockung im Vergleich mit der Originalprobe verzögert. Bei Mg-Sulfat, -Nitrat und -Acetat wird eine Verzögerung der Ausflockung (Auflösung) in grösserer Konzentration als $N/50 \sim N/20$ beobachtet, wobei sich ihre Auflösungskraft nach obiger Ordnung vermindert.

4) Im Vergleichsversuch zur Bestimmung der Veränderungskraft der Anionen von Calciumsalzen wählte ich Acetat, Iodid, Nitrat und Chlorid als Versuchsmaterial. Die Ausflockungskraft der vier Salze wird bei Vergrößerung ihrer Konzentration vermehrt und zwar verhält sich die Grösse ihrer Kraft folgendermassen: Bei der schwachen Konzentration von $N/200$ ist die Kraft des Chlorids am stärksten, dann folgen Iodid und Nitrat, während das Acetat am schwächsten wirkt. Bei grösserer Konzentration als $N/10$ jedoch ist die Kraft vom Acetat am stärksten, dann kommen Iodid, Nitrat und Chlorid, das die schwächste Wirkung hat.

5) Die giftige Konzentration der neutralen Salze für lebende Zellen verursacht merkwürdige Veränderungen an den Plasmakolloiden. Im Einklang mit Höber, Bechhold, Pfeffer und anderen Verfassern fasse ich die Giftwirkung der neutralen Salze auf die lebenden Zellen so auf, dass sie durch deren Gerinnungskraft verursacht wird. Ferner füge ich hier bei, dass die Ausflockung oder Auflösung von Plasmakolloide wenigstens eine Ursache der Giftwirkung von neutralen Salzen auf die lebenden Zellen sein muss.

II. Die antagonistische Erscheinung und die Veränderung der Plasmakolloide.

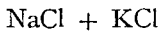
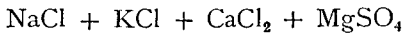
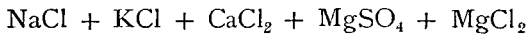
Ueber die Physiologie der Entgiftungswirkung eines Salzes auf die Giftwirkung eines andern haben OSTERHOUT, LOEB, LILLIE, KEARNEY und HARTER, BENECKE und andere Forscher verschiedene Versuchsergebnisse veröffentlicht. J. LOEB¹⁾ studierte diese Frage an befruchteten Eiern des *Fundulus heteroclitus*, und zeigte, dass die Giftwirkung von reiner Salzlösung aufgehoben werden kann durch Zusatz einer kleinen Menge irgend eines Salzes mit mehrwertigen Kationen. Stoffe, die für sich hochgiftig sind, wie Barium-, Zink-, Blei- und Uransalze, wirkten unter diesen Umständen auf Kochsalzlösung entgiftend; nur Kupfer- und Quecksilbersalze und Ferriionen zeigten keine entgiftende Wirkung. Ähnlichen antitoxischen Effekt mehrwertiger Kationen konnte K. G. LILLIE²⁾ bei der Vergiftung der Larvenform von *Arenicola*, einem Meeresanneliden, beobachten. Die Cilienbewegung desselben wird durch reine Natrium- und Lithiumsalze aufgehoben, in dem die Cilien sich verflüssigen. Diese Schädigung wird durch mehrwertige Kationen paralytisch. Nach W. J. V. OSTERHOUT³⁾ wird die Süßwasseralge *Vaucheria sessilis* in 3/32 N. NaCl-Lösung getötet, wächst aber, wenn nur eine Spur Chlorkalium beigefügt wird. Ferner hat er die antagonistische Wirkung eines Gemisches von Salzen auf Meerespflanzen und Meerestiere studiert. Bei seinen Untersuchungen beobachtete er, dass die Meerespflanzen und Meerestiere sehr empfindlich sind für die Nährlösung von reinem Salz, aber im Salzgemisch erscheinen sie keine Vergiftung zu erleiden, selbst wenn die Konzentration jedes einzelnen Salzes schon giftig in reiner Lösung ist. Er erklärt deshalb die Physiologie der Entgiftungswirkung von einem Salze durch die Gegen-

1) Pflüger's Arch., **69**, 1 (1898); **71**, 457 (1898); **75**, 303 (1899), **91** 248 (1902); Biochem. Zs., **11**, 144 (1908)

2) Amer. Jour. Physiol., **24**, 459 (1909) u. **17**, 89 (1908)

3) Jour. Biol. Chem., **1**, 363—369 (1906); Bot. Gaz., **42**, 127—134 (1906); Univ. Cal. Pubs. Bot., **2**, 317 (1907); Jahrb. f. Wiss. Bot., **46**, 121 (1908); Bot. Gaz., **45**, 117 (1908); Univ. Cal. Pubs. Bot., **3**, 331—337 (1908); Bot. Gaz., **48**, 68—104 (1908)

wart eines anderen Salzes in der Nährlösung als "Physiologically balanced Solution" nach Loeb's Begriff. Interessant in dieser Richtung sind auch Versuche von Wo. OSTWALD¹⁾ über die Lebensdauer des *Gammarus Pulex* (Flohkrebses) der im Süßwasser lebt, Meerwasser 3—4 Tage lang erträgt und in einem Gemisch von 4/5 Meerwasser und 1/5 destilliertem Wasser fast die gleiche Lebensdauer erreicht wie in reinem Wasser. Entfernt man einen der Meerwasserbestandteile nach dem anderen, so steigt die Giftigkeit d. h. es sinkt die Lebensdauer, und zwar in folgender Reihenfolge :



KEARNEY und HARTER²⁾ untersuchten bei 8 Arten von Landpflanzen ebenfalls die entgiftende Wirkung von Ca-Sulfat auf die Vergiftung mit Magnesium- und Natriumsalzen und fanden, dass die Entgiftungswirkungen von Ca-Sulfat gleichmäßig bei Vergiftung mit Magnesium- als auch mit Natriumsalzen zu bemerken ist.

Im Jahre 1907 studierte W. BENECKE³⁾ die Giftwirkung von verschiedenen Salzen auf das Wachstum von *Spirogyra*. Das Ergebnis der Untersuchungen wird vom Verfasser folgendermassen zusammengefasst: Während *Spirogyra* in geeigneten vollständigen Mineralnährlösungen üppig gedeihen, sind sie gegen die einzelnen Komponenten derselben, ausser gegen Calciumsalze, auffallend empfindlich. Das Chlorid, Nitrat, Sulfat und Phosphat von Natrium, Kalium, Magnesium und Eisen sind mehr oder weniger giftig, und zwar sind von den genannten Kationen Eisen und Magnesium giftiger als Kalium, dieses giftiger als Natrium und von den Anionen ist Chlor am wenigsten giftig. Die Giftigkeit aller dieser Anionen sowohl als Kationen kann durch Beigabe des

1) Zs. f. Physik. Chem., **62**, 512 (1908).

2) Bull. No. 113, Bureau of Plant Industry, U. S. Dept. of Agr. (1907).

3) Ber. Deuts. bot. Ges., **25**, 322 (1907).

Ca-Ions aufgehoben oder doch vermindert werden. LOEW und Aso¹⁾ untersuchten auch diese Frage an *Spirogyra* und beobachteten, dass Calciumsalze die Giftwirkung von Magnesiumsalzen gänzlich verhindern können, während Kaliumsalze sie wohl verzögern, aber nicht gänzlich verhindern können. TAKEUCHI²⁾ berichtet ebenfalls, dass die Giftwirkung von Magnesiumsalzen auf Algen mit Calciumsalzen völlig besiegt werden kann, dass dies aber mit Natrium- oder Kaliumsalzen nicht erreicht werden könne; ferner sagt er, dass derartige Wirkungen von Calciumsalzen auch bei Gerstenkeimlingen und bei Maiskeimlingen konstatiert werden konnten. HANSTEN³⁾ untersuchte die antagonistische Wirkung von verschiedenen Kationen auf das Wachstum von Weizenkeimlingen und zeigte, dass reine Lösungen von Kalium-, Natrium-, und Magnesiumsalzen entsprechend ihrer Konzentration mehr oder weniger giftig sind; im Gemisch mit Calciumsalzen aber in ihrer Giftwirkung auf das Wachstum der Blätter, besonders aber der Wurzeln und Wurzelhaare, teilweise neutralisiert werden. Im folgenden Jahre berichtete er ferner, dass zur völligen Entgiftung einer Magnesiumlösung notwendig ist, dass mindestens 1 Teil Calcium auf 2 Teile Magnesium komme; so liess sich eine Kaliumlösung schon mit 1 Teil Calcium auf 1000 Teile Kalium so gut wie ganz entgiften. Dabei komme es auf die in der Mischung vorhandenen Anionen nicht an, und da zudem die Mengen der Calciumsalze nur wenig klein waren, so können diese antitoxischen Eigenschaften weder auf der toxischen Lösung, noch auf einer verringerten Dissoziation in dieser letzteren beruhen. LIPMAN⁴⁾ untersuchte auch die antagonistische Wirkung von Salzen auf die Ammonifikation von *Bacillus Subtilis* und hebt die merkwürdigen antagonistischen Wirkungen hervor, die zwischen Calcium und Kalium, Magnesium und Natrium, Kalium und Natrium bestehen. MIYAKE⁵⁾ hat neulich über die antagonistische Wirkung von verschiedenen Salzen auf das Wachstum von Reiskeim-

1) Bull. Coll. Agr., Tokyo Imp. Univ., **7**, 628 (1906—1908).

2) Bull. Coll. Agr., Tokyo Imp. Univ., **7**, 628 (1906).

3) Nyt. Mag. Naturvidensk., **47**, 181—191 (1906). Pringsheims, Jahrb. Wiss. Bot., **47**, (1910).

4) Bot. Gaz., **48**, 105—124 (1909).

5) Bull. Coll. Agr., Tohoku Imp. Univ., **8**, 241 (1914).

lingen Untersuchungen angestellt und die folgenden Ergebnisse gewonnen.

a) Die antagonistische Wirkung der Salze ist bedingt durch Ionen, die durch die Dissoziation des Salzes gebildet wird. b) Die antagonistische Wirkung zwischen den Anionen ist schwächer als die zwischen den Kationen. c) Die Bivalentkationen sind antagonistisch zu den Monovalenzkationen; hingegen sind die Monovalenzkationen nicht so stark antagonistisch zu den Bivalentkationen. d) Die Monovalenzkationen, Natrium und Kalium, antagonisieren einander, und diese Wirkung von Kalium auf Natrium ist grösser als die von Natrium auf Kalium. e) In den Bivalentkationen zeigt sich, das Calcium eine stärkere antagonistische Wirkung besitzt als Magnesium. Die Gegenwart von Calcium im Kulturmedium ist wichtig für das Pflanzenwachstum, besonders für das Wurzelwachstum. f) Die Anionen sind ebenfalls antagonistisch zu einander, und zwar ist die Wirkung von SO_4'' auf Cl' grösser als von Cl' auf SO_4'' desgleichen ist der Einfluss von NO_3' auf SO_4'' grösser als von SO_4'' auf NO_3' .

Zur Diskussion dieser Erscheinungen fügte ich die Versuchsergebnisse der scheinbar antagonistischen Wirkungen von Zucker auf Salze und zwischen anderen Nichtelektrolyten an. J. LOEB¹⁾ studierte die antagonistische Wirkung zwischen Salz und Zucker bei *Fundulus* und fasst seine Versuchsergebnisse folgendermassen zusammen. *Fundulus* lebt länger in der Zucker- (Rohrzucker oder Dextrose) lösung bei Zusatz von N/8 Lösung von NaCl, KCl, CaCl_2 als in derselben Zuckerlösung ohne Salze. Die giftige Wirkung von Schwermetallsalzen, wie ZnSO_4 oder CuSO_4 , wird durch Beifügung von Zucker verhindert. H. BORUTTAU²⁾ untersuchte die Giftwirkung von Schwermetallsalzen und fand, dass die Giftwirkungen von Arsenitlösung, Arsenrichlorid, oder Arseniger Säure, durch Zusatz von Eiweiss oder von Eiweissabbauprodukten sehr stark herabgesetzt werden. Ueber die Erscheinung der Narkose sagt LOEWE³⁾ die Narkotica wirkten im Gegensatz zu den nicht narkotischen

1) Jour. Bio. Chem., **11**, 415 (1912).

2) Biochem. Zs., **43**, 418—423 (1912).

3) Biochem. Zs., **57**, 161—200 (1913).

Nichtelektrolyten (Rohrzucker, Traubenzucker, Mannit, Harnstoff), da die Erregungsleistung von Salzen durch die Narkotica gehemmt wird.

Ferner machte W. J. V. OSTERHOUT¹⁾ folgende bemerkenswerte Beobachtung. Er brachte Vaucheriazellen in Lösungen von Kochsalz verschiedener Konzentration und beobachtete nach kürzerer oder längerer Zeit Plasmolyse, auch wenn die betreffenden Lösungen stark hypotonisch waren. Die Schrumpfung des Protoplasma konnte somit keine osmotischen Ursachen haben, sondern sie musste mit dem NaCl zusammenhängen. Fügte er jedoch seiner NaCl-Lösung so viel CaCl₂ bei, dass auf 1 Mol NaCl 1/100 Mol. CaCl₂ kamen, so trat keine Plasmolyse ein, trotzdem der osmotische Druck erhöht war. Ferner bestätigt J. LOEB,²⁾ dass die Muskelzuckung, die durch reine NaCl-Lösung verursacht wird, nach Vermischung mit Calcium, Strontium oder Magnesium aufgehoben wird. Aus den Berichten obiger Verfasser lässt sich erkennen, dass Plasmolyse durch die Ausfällung des Protoplasma verursacht wird, und diese Ausfällung auf die lebenden Zellen giftig wirkt. Ich habe als zutreffend angenommen, dass die obigen antagonistischen Erscheinungen in naher Beziehung zu der Veränderung der kolloidalen Eigenschaften der Zellen stehen. Zwecks Bestätigung dieser Tatsachen habe ich folgende Versuche unternommen.

Die Auswahl der Proben und das Versuchsverfahren sind auf dem oben erwähnten Wege ausgeführt worden. Die antagonistische Wirkung zwischen den verschiedenen Salzen wurde durch die Veränderung der kolloidalen Eigenschaften des Zellplasmas verursacht. Zur Vergleichung mit diesen Versuchsergebnissen stellte ich einen Kulturversuch an mit identischen Proben in derselben Lösung und mit demselben Kulturmedium. Nach 10 Tagen Kulturdauer bestimmte ich die totale Länge des Weizens. Die folgenden Zahlen sind die Durchschnittswerte von drei Proben.

1) Botanical Gazette. **46**, 53–55 (1908).

2) Jour. Biol. Chem., **2**, 424–425 (1915).

A. Vergleichsversuch zur Bestimmung der antagonistischen Wirkung verschiedener Salze in Bezug auf Veränderung der Pflasmakolloide sowie auf das Wachstum der Pflanzen.

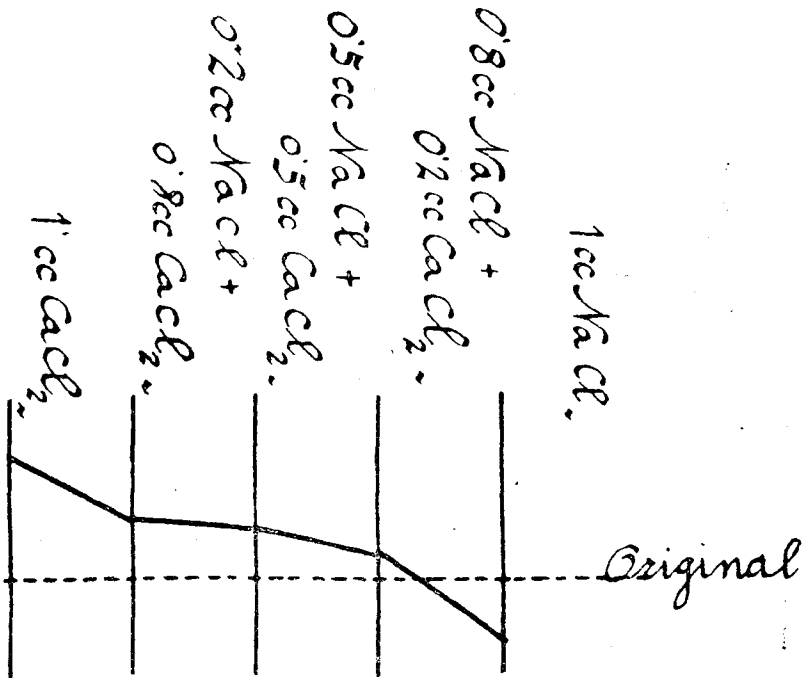
1. Die antagonistische Wirkung zwischen Na-Chlorid und Ca-Chlorid.
(Resultat des Kulturversuchs)

Tabelle 4.

Salzkonzentration	N/10NaCl = 100cc	N/10NaCl = 8cc + N/10CaCl ₂ = 20cc	N/10NaCl = 50cc + N/10CaCl ₂ = 50cc	N/10NaCl = 20cc + N/10CaCl ₂ = 80cc	N/10CaCl ₂ = 100cc
Pflanzenwachstum	7.0 cm	9.5 cm	7.8 cm	6.0 cm	5.5 cm

10 ccm des frischen Presssaftes von Weizenkeimlingen wurden mit normaler Salzlösung gemischt und hierauf die Veränderung der kolloidalen Eigenschaften festgestellt. Folgende Figur zeigt das gewonnene Resultat.

Fig. 4.



2. Die antagonistische Wirkung zwischen
K-Chlorid und Ca-Chlorid.

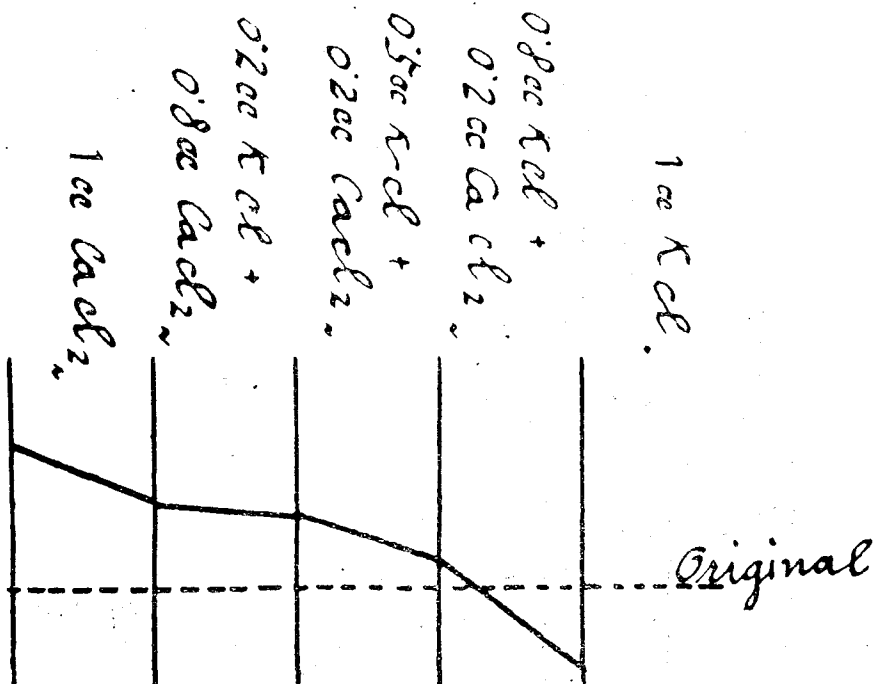
(Resultate des Kulturversuchs)

Tabelle 5.

Salzkonzentration	N/10KCl = 100cc	N/10KCl = 80cc + N/10CaCl ₂ = 20cc	N/10KCl = 50cc + N/10CaCl ₂ = 50cc	N/10KCl = 20cc + N/10CaCl ₂ = 80cc	N/10CaCl ₂ = 100cc
Pflanzenwachstum	7.7 cm	9.9 cm	8.9 cm	5.4 cm	5.0 cm

10 ccm des frischen Presssaftes von Weizenkeimlingen wurden mit normaler Salzlösung gemischt und hierauf die Veränderung der kolloidalen Eigenschaften festgestellt. Folgende Figur zeigt das gewonnene Resultat.

Fig. 5.



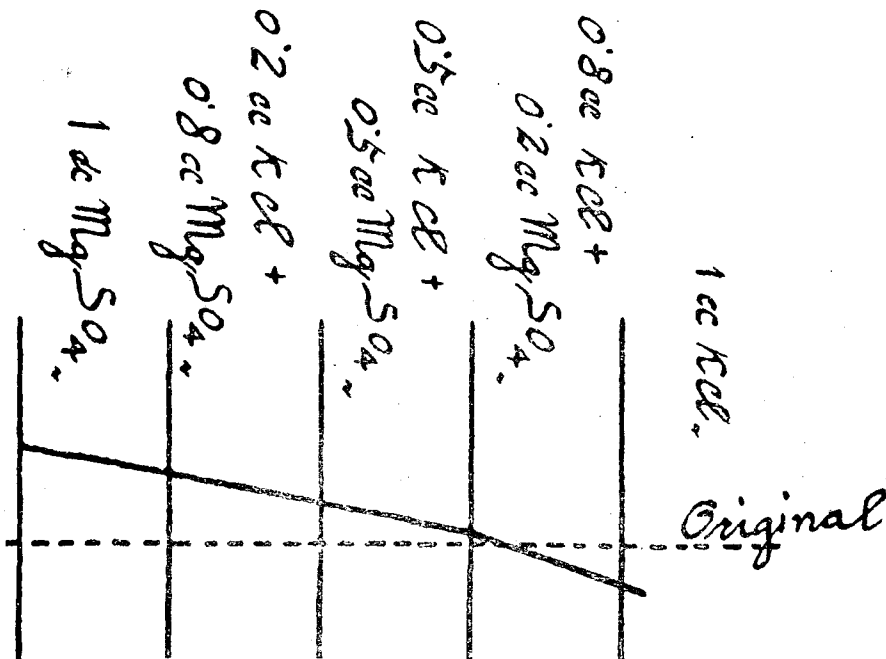
3. Die antagonistische Wirkung zwischen
K-Chlorid und Mg-Sulfat.
(Resultat des Kulturversuches)

Tabelle 6.

Salzkonzentration	N/10KCl = 100cc	N/10KCl = 80cc + N/10MgSO ₄ = 20cc	N/10KCl = 50cc + N/10MgSO ₄ = 50cc	N/10KCl = 20cc + N/10MgSO ₄ = 80cc	N/10MgSO ₄ = 100cc
Pflanzenwachstum	7.2 cm	8.4 cm	7.8 cm	7.0 cm	6.2 cm

Veränderung der kolloidalen Eigenschaften des frischen Presssaftes.

Fig. 6.



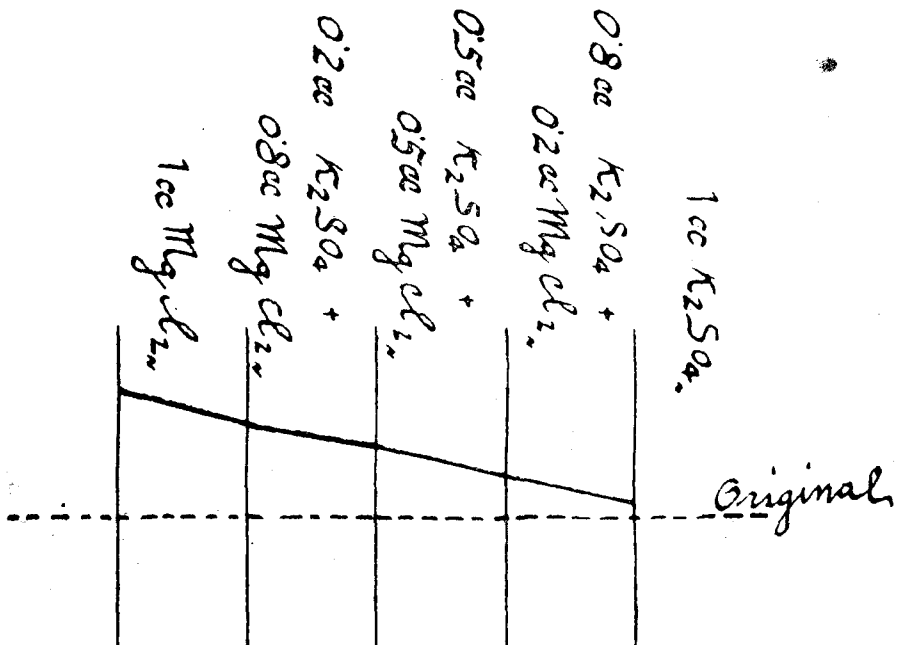
4. Die antagonistische Wirkung zwischen
K-Sulfat und Mg-Chlorid.
(Resultat des Kulturversuches)

Tabelle 7.

Salzkonzentration	N/10K ₂ SO ₄ = 100cc	N/10K ₂ SO ₄ = 80cc + N/10MgCl ₂ = 20cc	N/10K ₂ SO ₄ = 50cc + N/10MgCl ₂ = 50cc	N/10K ₂ SO ₄ = 20cc + N/10MgCl ₂ = 80cc	N/10MgCl ₂ = 100cc
Pflanzenwachstum	8,2 cm	8,5 cm	8,2 cm	6,4 cm	5,9 cm

Die Veränderung der kolloidalen Eigenschaften des frischen Presssaftes.

Fig. 7.



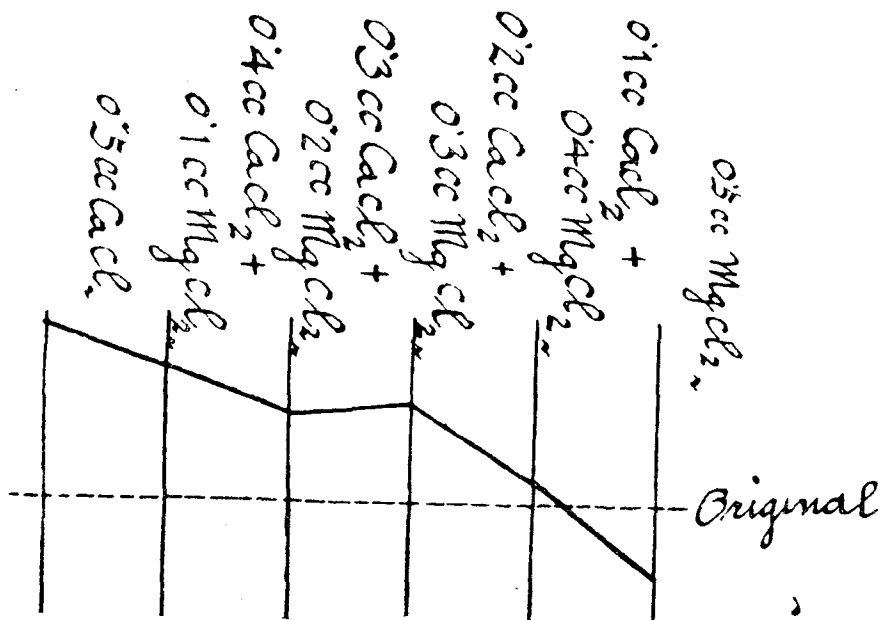
5. Die antagonistische Wirkung zwischen
Ca-Chlorid und Mg-Chlorid.
(Resultat des Kulturversuches)

Tabelle 8.

Salzkonzentration	N/10MgCl ₂ l = 100cc	N/10MgCl ₂ = 80cc + N/10CaCl ₂ = 20cc	N/10MgCl ₂ = 60cc + N/10CaCl ₂ = 40cc	N/10MgCl ₂ = 40cc + N/10CaCl ₂ = 60cc	N/10MgCl ₂ = 80cc + N/10CaCl ₂ = 20cc	N/10CaCl ₂ = 100cc
Pflanzenwachstum	6.7 cm	8.2 cm	7.2 cm	6.9 cm	6.0 cm	5.4 cm

Die Veränderung der kolloidalen Eigenschaften des frischen Presssaftes.

Fig. 8.



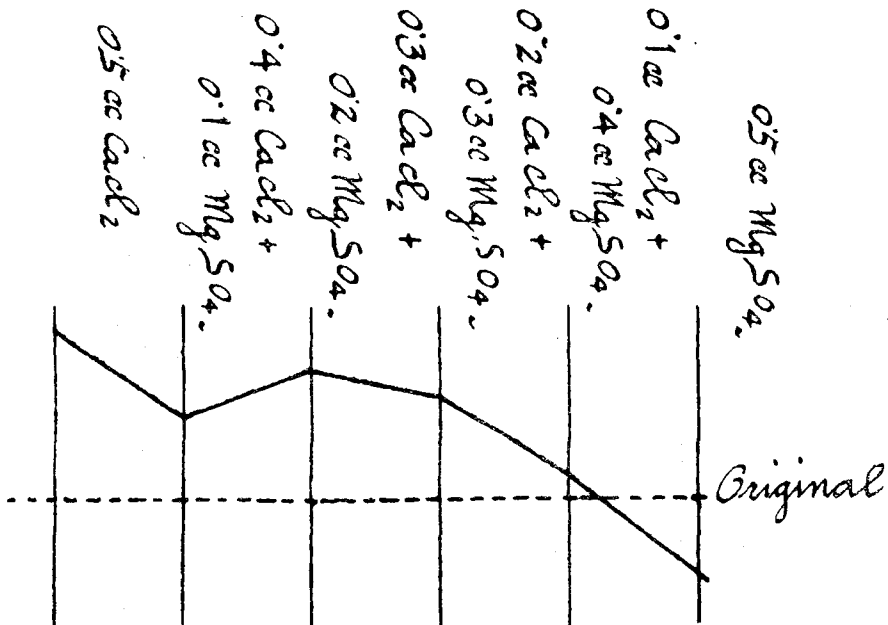
6. Die antagonistische Wirkung zwischen
Ca-Chlorid und Mg-Sulfat.
(Resultat des Kulturversuches)

Tabelle 9.

Salzkonzentration	N/10MgSO ₄ = 100cc	N/10MgSO ₄ = 80cc + N/10CaCl ₂ = 20cc	N/10MgSO ₄ = 60cc + N/10CaCl ₂ = 40cc	N/10MgSO ₄ = 40cc + N/10CaCl ₂ = 60cc	N/10MgSO ₄ = 20cc + N/10CaCl ₂ = 80cc	N/10CaCl ₂ = 100cc
Pflanzenwachstum	7.4 cm	8.5 cm	7.6 cm	7.0 cm	6.1 cm	5.2 cm

Die Veränderung der kolloidalen Eigenschaften des frischen Presssaftes.

Fig. 9.



Aus den obigen Versuchsergebnissen ersieht man, dass die antagonistische Wirkung zwischen KCl und CaCl₂, NaCl und CaCl₂, KCl und MgSO₄, K₂SO₄ und MgCl₂, CaCl₂ und MgSO₄ ferner zwischen CaCl₂ und MgSO₄ für das Weizenwachstum mit den antagonistischen Erscheinungen zwischen denselben

Salzen auf die Veränderung der kolloidalen Eigenschaften (Ausflockung oder Auflösung) des Presssaftes in inniger Beziehung steht. So verursacht die Vergiftung von einem Salze und Entgiftung mit einem anderen eine Veränderung der Eigenschaften des Plasmakolloides, die einer reversiblen Wirkung zum ursprünglichen Zustande gleichkommt.

Daraus lässt sich folgende Erklärung herleiten. Die kolloidalen Eigenschaften des lebenden Zellplasmas müssen immer in einem bestimmten Zustande erhalten bleiben. Dieser Zustand kann durch übermässige Zumischung eines Salzes zerstört werden, wobei Ausflockung oder Auflösung des Kolloidzustande eintritt. Um die Giftwirkung des Salzes auf die Zellen zu ersehen, ist in obiger Figur der originale Kolloidzustand mit einer punktierten Linie angegeben; je grösser deshalb die Entfernung über oder unter dieser Linie ist, desto heftiger ist die Giftigkeit. Es muss daher zur Erhaltung des lebenden Zustands der Zellen der Kolloidzustand in naher Entfernung über oder unter der Originallinie stehen. Dieser Kolloidzustand kann zutreffend als "Lebenskolloidalität" bezeichnet werden. Nach meiner Ansicht ist eine Ursache der Giftwirkung eines Neutralsalzes die Zerstörung dieser Lebenskolloidalität der Zellen; im Gegensatz dazu müsste dann die Schutzwirkung von anderen Salzen gegen die Veränderung der Lebenskolloidalität als Entgiftung angesehen werden.

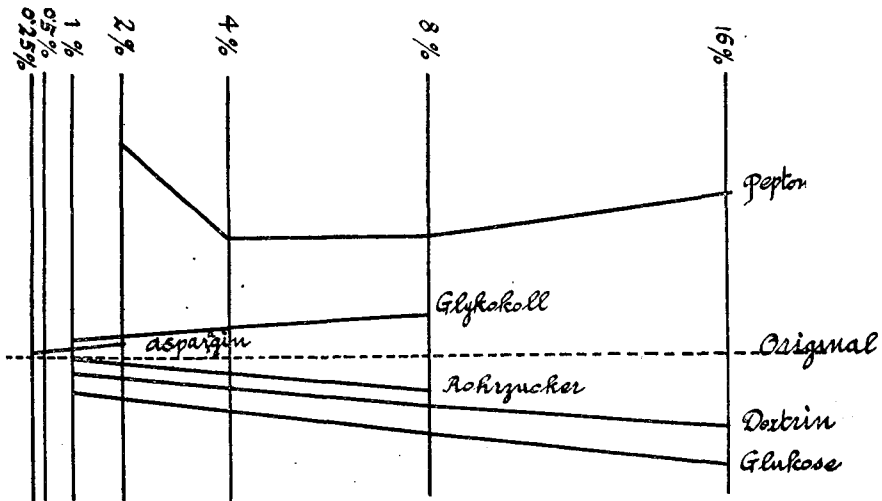
B. Die antagonistische Wirkung zwischen Salzen und Zucker oder Eiweissabbauprodukten für die Veränderung der Plasmakolloide.

Wie schon oben erwähnt berichtete J. LOEB (l.c.) über die scheinbare antagonistische Wirkung zwischen Zuckerlösung und Salzen auf *Fundulus*. Er zeigte, wie *Fundulus* längere Zeit in einer Zucker- (Rohrzucker oder Dextrose) lösung lebt, die er mit N/8 Lösung von NaCl, KCl, CaCl₂ versetzte, als in derselben Zuckerlösung ohne Salze. BORUTTAU (l.c.) berichtet auch, dass die Giftwirkungen von Arsenitlösung, Arsenrichlorid oder arseniger

Säure durch Zusatz von Eiweiss oder von Eiweissabbauprodukten sehr stark herabsetzt werden.

Im folgenden will ich die Beziehung zwischen den scheinbaren antagonistischen Erscheinungen und den Veränderungen der kolloidalen Eigenschaften des Zellplasmas prüfen. Zunächst untersuchte ich die Veränderungskraft der Zuckerarten und der Eiweissabbauprodukte. Die Versuchsergebnisse sind in der folgenden Tabelle graphisch dargestellt, wobei die Punkte über der Originallinie die Ausflockungskraft und die unter ihr die Auflösungskraft bedeuten.

Fig. 10.



Aus obiger Figur lässt sich erkennen, dass Pepton, Glykokoll und Asparagin die Ausflockung der Plasmakolloide verursachen. Dagegen halten Rohrzucker, Dextrin und Glukose die Ausflockung der Plasmakolloide hinten und verursachen Auflösung. Die Wirkung von Dextrin ist grösser als von Glukose und kleiner als von Rohrzucker.

Wenn wir die oben erwähnten Resultate der Salzwirkung hier mit diesem vergleichen, so erkennen wir, dass die Wirkung von Zucker, Dextrin oder Glukose im Gegensatz steht zur Calciumsalzwirkung, ferner auch dass die Wirkung der Eiweissabbauprodukte im Gegensatz steht zur Natrium- oder Kaliumsalzwirkung. Zwei Versuche über die antagonistische Wirkung zwischen Glukose und CaCl_2 und zwischen Glykokoll und KCl hatten folgendes Ergebnis.

Fig. 11.

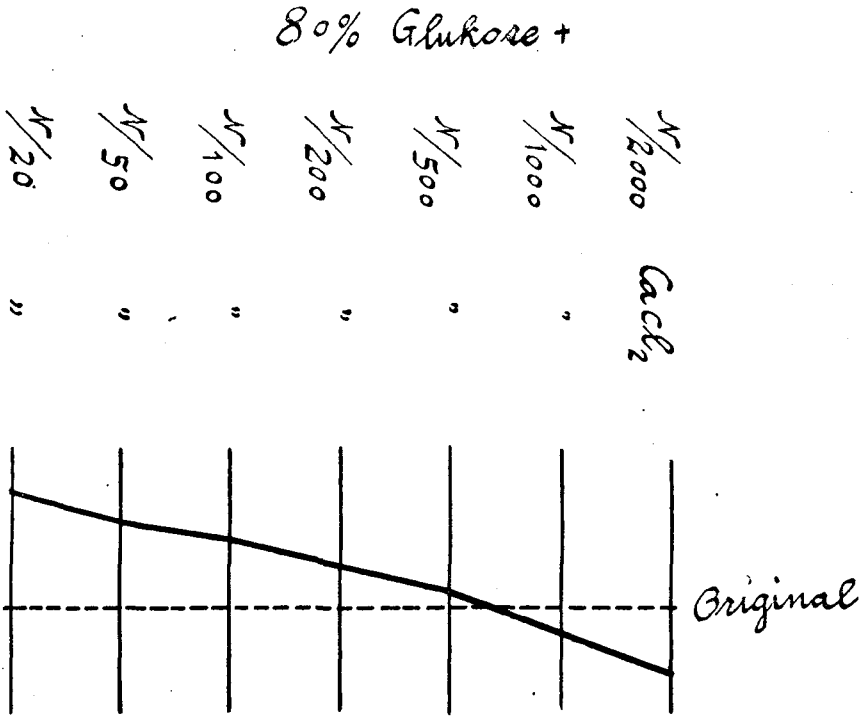
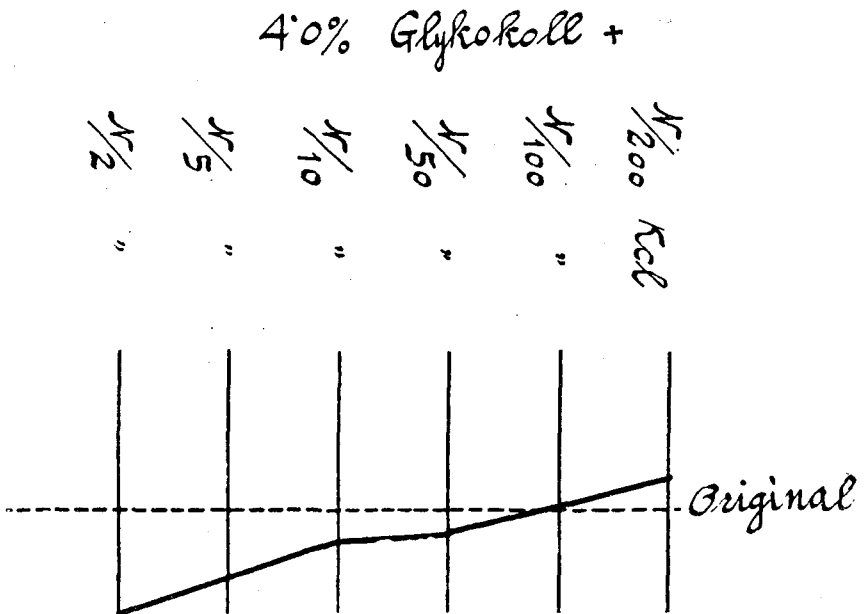


Fig. 12



Aus obigen Versuchsergebnissen erkennen wir, dass die antagonistische Wirkung zwischen Glukose und CaCl_2 , ferner zwischen Glykokoll und KCl für die Veränderung der kolloidalen Eigenschaften (der Ausflockung oder der Auflösung) des Presssaftes unverkennbar ist. Diese Tatsache gibt uns eine beachtenswerte Erhärtung meiner Ansicht, dass die antagonistischen Erscheinungen mit der Lebenskolloidalität in inniger Beziehung stehen. Ferner unternahm ich noch andere Versuche, um meine Erklärung sicher zu stellen.

C. Die antagonistischen Erscheinungen zwischen verschiedenen Salzen in Bezug auf ihre Diffusionsgeschwindigkeit durch die Plasmakolloidschicht.

Bei Diffusionserscheinungen der Salze durch Gallerte-Kolloide, z. B. Gelatine oder Agar, hatte schon GRAHAM¹⁾ beobachtet, dass das NaCl durch das gelatinöse Agar diffundiert wie durch Wasser. Die ausgedehnteren Untersuchungen F. VOIGTLÄNDERS²⁾ über diese Erscheinungen ergeben analoge Resultate, indem sie zeigten, dass diese Diffusion der Elektrolyte durch Gelatinen gehemmt wird. Auch zeigten H. BECHHOLD und J. ZIEGLER,³⁾ H. MEYER⁴⁾ und NELL,⁵⁾ dass die Behinderung der Diffusion von Salzen in rasch erstarrer Gelatine grösser ist, als in langsam erstarter.

Die Beeinflussung der Diffusion durch Gegenwart dritter Substanz wurde von H. BECHHOLD und J. ZIEGLER⁶⁾ untersucht und berichtet, dass Harnstoff die Durchlässigkeit von Gelatine und Agargallerte für Elektrolyte und Nichtelektrolyte erhöht, während Na_2SO_4 , Glukose, Glycerin und Alkohol sie vermindern. Ferner berichtet PROCTER,⁷⁾ dass, wenn der Alkohol bei der Herstellung des Gels bereits der erwähnten Gelatinelösung zugemischt wurde, eine solche alkoholhaltige Gallerte viel stärker in Wasser quelle als sein Diffusionsvermögen vergrössert wurde.

1) Annalen, **121**, 1, (1862).

2) Zeits. f. phys. Chemie, **3**, 316 (1889).

3) Zeits. f. phys. Chemie, **56**, 150 (1906).

4) Hofmeister Beitr. z. Chemie, Physiol. u. Pathol. **7**, 399.

5) Drude, s. Ann., **18**, 323 (1905).

6) Zeits. f. phys. Chemie, **52**, 185—199 (1905).

7) Kolloid Chemie, Beihefte, **2**, 243 (1911).

In diesem Versuchsgebiete wurden noch keine Resultate betreffs der antagonistischen Erscheinungen zwischen verschiedenen Salzen für die Diffusion durch Kolloidschichten gefunden. Aber in neuerer Zeit wurde gearbeitet über die Permeabilität für Elektrolyte in Zellmembranen von verschiedenen Forschern: Z. B. LOEBS¹⁾ Versuch über den Einfluss des Salzes auf die Diffusion von Kali und Säure auf die Fundulusembryo und er berichtet, dass das Diffusionsvermögen von Kali in Gegenwart anderer Salze oder Säure vergrößert wurde bei Zusatz von Elektrolyten; wenn aber die Konzentration der zu gemischten Salze sich noch stärker vergrößert, tritt eine Beschleunigung nicht mehr ein, sondern es findet eine Verzögerung der Diffusion statt.

OSTERHOUDT²⁾ studiert auch die Permeabilität von Salzen bei Funduluseiern und berichtet, dass die Permeabilität von Monovalenzkation in Gegenwart von Bivalentkation vergrößert wird, besonders bei Trivalent- oder Tetra-valenzkationen sehr stark. Ferner untersuchte er³⁾ den elektrischen Widerstand von *Laminaria Agardini* in der gemischten Lösung von NaCl und CaCl₂ und fand, dass antagonistische Substanzen die Zelle viel langsamer durchdringen in einer ausgeglichenen (balanced) Lösung, als in unausgeglichenen Lösungen. Die langsame Durchdringung vermag ganz verschiedenen Wirkungen hervorzurufen im Gegensatz zur schnellen Durchdringung; ebenso

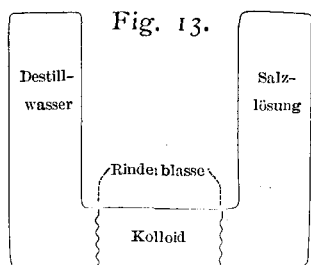


Fig. 13.

1. H₂ O + Presssaft + rein Salzlösung
2. H₂ O + Presssaft + gemischte Salzlösung
3. H₂ O + gekocht-Presssaft + gemischte Salzlösung
4. H₂ O + Presssaft + I₂ O

die Fällung von Kolloiden bewirkt werden kann durch schnelle Zugabe von Salzen, während keine Fällung eintritt bei langsamer Zugabe. Und er betrachtet die langsame Durchdringung von Salzen in ausgeglichenen Lösungen nicht als die Ursache sondern als die Wirkung des Antagonismus.

Um das Diffusionsphaenomen vom kolloidchemischen Standpunkt zu studieren, stellte ich folgende Versuche an. Zur Bestimmung

1) J. Biol. Chem., **23**, 41—66 (1915); 139—46 (1915); **28**, 175—184 (1915).
 2) Bot. Gazette, **2**, 58, 178—186 (1914); **3**, 272—276, **4**, 3677—3811; **3**, 59, 242 (1915).
 3) Proc. Amer. Philo. Soc., **55**, 533—553 (1916); Science, **44**, 395—396 (1916).

der Diffusionsgeschwindigkeit wählte ich einen Glassapparat (innerer Durchmesser 13,9 mm) wie die Figur zeigt.

Nach einigen Stunden Stehens bestimmte ich die Salzkonzentration der wasserhaltenden Röhre und verglich den Wert mit den verschiedener Proben in der gleichen Versuchsreihe.

In diesem Versuche wählte ich als Kolloidmaterial den Presssaft von Brassica-blättern, und die Werte in nachstehender Tabelle sind Durchschnittszahlen von 2 Proben bei jeder Versuchsreihe.

1) Die Antagonistische Wirkung zwischen

KCl und $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ für die Diffusionsgeschwindigkeit.

Tabelle 10. (17,5°C u. 3,5 Stunden)

Salzlösung	"Cl"-menge (mg.)	Salzlösung	"Cl"-menge (mg.)
H ₂ O 22cc	0.9	N-KCl 20cc + N-Ca(NO ₃) ₂ 2cc	1.8
N-KCl 20cc + N-KCl 2cc	2.7	N-KCl 22cc + N-aC(NO ₃) ₂ 2cc (mit gekocht Saft)	2.9

2) Die antagonistische Wirkung zwischen

KCl und K₂SO₄ für die Diffusionsgeschwindigkeit.

Tabelle 11. (18,°C u. 2,5 Stunden)

Salzlösung	"Cl"-menge (mg.)	Salzlösung	"Cl"-menge (mg.)
H ₂ O 22cc	0.8	N-KCl 20cc + N-K ₂ SO ₄ 2cc	7.8
N-KCl 20cc + N-KCl 2cc	13.6	N-KCl 20cc + N-K ₂ SO ₄ 2cc (mit gekocht Saft)	14.0

3) Die antagonistische Wirkung zwischen

CaCl₂ und MgSO₄ für die Diffusionsgeschwindigkeit.

Tabelle 12. (18,5°C u. 4,5 Stunden)

Salzlösung	"Cl"-menge (mg.)	Salzlösung	"Cl"-menge (mg.)
H ₂ O 22cc	0.8	N/10CaCl ₂ 20cc + N-MgSO ₄ 2cc	8.0
N/10CaCl ₂ 20cc + N/10CaCl ₂ 2cc	11.6	N/10CaCl ₂ 20cc + N-MgSO ₄ 2cc (mit gekocht Saft)	14.0

4) Die antagonistische Wirkung zwischen
NaCl und AlCl₃ für die Diffusionsgeschwindigkeit.

Tabelle 13. (19,0°C u. 2,5 Stunden)

Salzlösung	"Cl"-menge (mg.)	Salzlösung	"Cl"-menge (mg.)
H ₂ O 22cc	0,8	N-NaCl 20cc+N-AlCl ₃ 2cc	7,2
N-NaCl 20cc+N-NaCl 2cc	11,2	N-NaCl 20cc+N-AlCl ₃ 2cc (mit gekocht Saft)	13,0

5) Die antagonistische Wirkung zwischen
CaCl₂ und NaCl für die Diffusionsgeschwindigkeit.

Tabelle 14. (16,0°C u. 21,0 Stunden)

Salzlösung	"CaO"-menge (mg)	Salzlösung	"CaO"-menge (mg.)
H ₂ O 22cc	0,00	N/10CaCl ₂ 20cc+N-NaCl 2cc	0,000
N/10CaCl ₂ 20cc+N/10CaCl ₂ 2cc	0,44	N/10CaCl ₂ 20cc+N-NaCl 2cc (mit gekocht Saft)	2,000

Aus obigen Versuchsergebnissen ist zu ersehen, dass die Diffusionsgeschwindigkeit von einem Salz durch die Kolloidschicht des Presssaftes bei Zusatz von anderen Salzen verzögert wird, aber bei gekochten Saft- anstatt frischen Saftes-keine antagonistische Erscheinungen mehr eintreten.

D. Die antagonistische Erscheinung zwischen
verschiedenen Salzen für enzymatische Wirkungen.

Viele Versuchsergebnisse über den Einfluss von neutralen Salzen auf die Enzyme liegen bereits von zahlreichen Fachgenossen vor. Bezüglich der umfangreichen, aber sich in vielen Punkten widersprechenden Arbeiten über den Einfluss der Neutralsalze auf verschiedene enzymatische Vorgänge verweisen wir auf OPPENHEIMERS "Fermente und ihre Wirkung." Bis jetzt gibt es viele Berichte nur über den Einfluss einzelner Neutralsalze, wie NaCl, CaCl₂, NaNO₃ u.s.w., und die Versuchsprozesse sind wohl ziemlich gleich bei denselben Enzymen. Aber keine bekannten Arbeiten berücksichtigen dabei die

Mitwirkung und die antagonistische Wirkung von zwei oder mehr Salzen. Ein Forscher beobachtet diese Erscheinung in seinem Versuch, aber er erklärt es anders.

BANG¹⁾ berichtet, dass durch Hinzufügen von sekundären Phosphat zur Speichellösung die Diastase unwirksam, durch Beimischung von Kochsalz aber wieder wirksam wird. Er erklärt, dass sie durch eine Phosphorsäure-ptyalin Verbindung unwirksam, dagegen durch eine Kochsalz-Ptyalin Verbindung wieder wirksam wird.

In neuerer Zeit untersuchten MICHAELIS und PECHSTEIN²⁾ die Einwirkung von Salzgemischen und berichteten folgendes: "Die Speicheldiastase wirkt in N/500 NaCl-Lösung besser als in N/50 Na₂SO₄ + N/500 NaCl-Lösung und in letzter Lösung besser als in N/50 Na₂SO₄ Lösung. Ferner wirkt sie in N/50 NaBr + N/5000 NaCl-Lösung besser als in N/5000 NaCl-Lösung allein. Ebenso wirkt sie in N/50 NaCl-Lösung besser als in N/50 NaBr + N/50 NaCl-Lösung und diese wieder besser als in N/50 NaBr-Lösung, weil hier N/50 NaCl-Lösung besser wirkt als N/50 NaBr." Er erklärte diese Erscheinungen wie folgt. "Nehmen wir, wie es auch schon BANG für das Kochsalz und das Phosphat tat, an, dass die Diastase sich mit Salzen überhaupt zu einer wirksamen Salzdiastaseverbindung vereinigt, so sagt uns der obige Versuch, dass die Affinitäten der einzelnen Salze zur Diastase verschieden gross sind, und zwar kommt dem Nitrat eine besondere grosse Affinität zu, so dass, wenn wir Kochsalz hinzufügen, nur verhältnismässig wenig von der stark diastatisch wirksamen Kochsalzverbindung entsteht, und wir fast die reine, viel schwächere Nitratdiastase-Wirkung erhalten. Dem Sulfat aber kommt eine nur geringe Affinität zu. Setzen wir daher zu einer sulfathaltigen Lösung Kochsalz auch nur in Spuren zu, so wird doch ein Teil desselben zu Bildung der starkwirksamen Kochsalzdiastase Verbindung verwandt.....u.s.w."

Es gibt bis jetzt keine Berichte über die antagonistische Erscheinung zwischen Salzen für die enzymatische Wirkung. Der Verfasser unternahm

1) Biochem. Zs., **32**, 417 (1911).

2) Biochem. Zs., **59**, 77—99 (1914).

daher folgenden Versuch um die antagonistische Erscheinung nach dieser Seite hin zu erforschen. Als Proben wählte ich den schon oben erwähnten frischen Presssaft von Weizenkeimlingen und die Takadiastase. Zunächst bestimmte ich die giftige Konzentration der verschiedenen Salze, und nach diesen Werten unternahm ich nachstehenden Versuch.

r. Die giftige Konzentration von Salzlösungen auf
Amylasewirkung der Weizenkeimlinge und der Takadiastase.

20 ccm von 1 % iger löslicher Stärkelösung wurde mit 2 ccm frischem Presssaft und mit folgender Salzmenge durchgemischt und unter Zusatz von 2 ccm Toluol im Brutschrank bei 40°C digestiert. Nach sechs Stunden wurde von 10 ccm jeder Probe die gebildete Zuckermenge nach der Bertrand'schen Methode bestimmt. Folgende Werte sind die Durchschnittszahlen von zwei Proben. (Angaben der Zuckermengen in mg).

Tabelle 15.

Vergleichung der Kationen						
Konzentr. Salz	N/3	N/5	N/10	N/20	N/50	N/100
CaCl ₂	—	—	13,0	17,6	—	19,7
MgCl ₂	—	17,8	19,2	19,6	—	24,6
KCl	14,4	16,2	18,0	17,9	—	18,4
NaCl	16,2	18,0	22,0	22,0	—	24,0
Vergleichung der Anionen						
K I	11,4	—	11,6	—	11,6	12,4
KCl	11,6	—	12,0	—	12,4	13,0
KNO ₃	9,8	—	11,6	—	12,0	13,2
K ₂ SO ₄	12,0	—	13,0	—	13,0	16,6
K ₂ HP0 ₄	14,4	—	14,0	—	14,6	14,0

40 ccm von 1.0 % iger löslicher Stärkelösung wurde mit 1 ccm von 0.05 % tiger Takadiastaselösung und mit folgender Salzmenge durchgemischt und unter Zusatz von 2 ccm Toluol im Brutschrank bei 40°C digestiert. Nach 6 Stunden wurde von 20 ccm jeder Probe die gebildete Zuckermenge nach der Bertrand'schen Methode bestimmt.

Tabelle 16.

Vergleichung der Kationen				
Konzentr. Salz	N.	N/10	N/50	N/100
CaCl ₂	—	2.6	4.6	4.5
MgCl ₂	—	4.4	5.4	5.5
KCl	4.4	4.6	4.8	5.2
NaCl	5.1	5.1	5.5	5.5
BaCl ₂	—	5.0	5.5	5.7
AlCl ₃	—	2.3	3.2	4.0
Vergleichung der Anionen				
KCl	3.2	3.4	4.0	4.0
KNO ₃	3.1	3.7	3.9	3.9
K ₂ SO ₄	3.5	3.6	4.1	4.2
K I	0	2.9	3.9	4.0

In der obigen Tabelle wurden die Unterschiede der Werte der Kationen und der Anionen nach den Proben variiert. Entsprechend den obigen Werten wählte ich die betreffenden Konzentrationsstärken der Salzlösungen für folgenden Versuch.

2. Die antagonistische Wirkung zwischen KCl und CaCl₂ für Amylasen.

50 cc von 1.0 % iger löslicher Stärkelösung wurde mit 5 cc frischem

Presssaft oder mit 5 ccm von 0.05 % iger Takadiastaselösung gemischt, und die Lösung, in normaler Konzentration mit einem Salz behandelt, ferner mit folgenden Mengen eines anderen Salzes durchgemischt und unter Zusatz von 5 ccm Toluol im Brutschrank bei 40°C digestiert. Nach 6 Stunden wurde von 10 ccm jeder Probe die gebildete Zuckermenge nach der Bertrand'schen Methode bestimmt, und folgende Zahlen als Durchschnittswerte von zwei Proben gewonnen. (Die folgenden Zuckermengen bedeuten mg. in 50 ccm der Lösung)

Tabelle 17.

	Salzkonzentration	Zuckermenge	Salzkonzentration	Zuckermenge
Weizenamylase	N - KCl + 2.5ccH ₂ O	12.5	N/10CaCl ₂ + 2.5ccH ₂ O	10.5
	N - KCl + 2.5ccN/10CaCl ₂	14.5	N/10CaCl ₂ + 2.5ccN - KCl	12.2
	N - KCl + 2.5ccN/2CaCl ₂	13.2	N/10CaCl ₂ + 2.5ccN/2KCl	13.5
Takadiastase	N - KCl + 2.5ccH ₂ O	13.0	N/10CaCl ₂ + 2.5ccH ₂ O	8.5
	N - KCl + 2.5ccN/10CaCl ₂	15.0	N/10CaCl ₂ + 2.5ccN - KCl	9.4
	N - KCl + 2.5ccN/2CaCl ₂	14.2	N/10CaCl ₂ + 2.5ccN/2KCl	10.2

3. Die antagonistische Wirkung zwischen
 NaCl und CaCl₂ für Amylasen.

Tabelle 18.

	Salzkonzentration	Zuckermenge	Salzkonzentration	Zuckermenge
Weizenamylase	N - NaCl + 2.5ccH ₂ O	13.25	—	—
	N - NaCl + 2.5ccN/10CaCl ₂	14.7	—	—
	N - NaCl + 2.5ccN/2CaCl ₂	14.5	—	—
Takadiastase	N - NaCl + 2.5ccH ₂ O	12.8	N/10CaCl ₂ + 2.5ccH ₂ O	10.5
	N - NaCl + 2.5ccN/10CaCl ₂	14.5	N/10CaCl ₂ + 2.5ccN - NaCl	11.25
	N - NaCl + 2.5ccN/2CaCl ₂	14.0	N/10CaCl ₂ + 2.5ccN/2NaCl	12.3

4. Die antagonistische Wirkung zwischen
 NaCl und KCl für Amylasen.

Tabelle 19.

	Salzkonzentration	Zuckermenge	Salzkonzentration	Zuckermenge
Weizenamylase	N-KCl+2.5ccH ₂ O	—	N-NaCl+2.5ccH ₂ O	14.25
	N-KCl+2.5ccN-NaCl	—	N-NaCl+2.5ccN-KCl	15.2
	N-KCl+2.5ccN/2NaCl	—	N-NaCl+2.5ccN/2KCl	15.0
Takadiastase	N-KCl+2.5ccH ₂ O	10.5	N-NaCl+2.5ccH ₂ O	10.0
	N-KCl+2.5ccN-NaCl	11.3	N-NaCl+2.5ccN-KCl	10.8
	N-KCl+2.5ccN/2-NaCl	11.0	N-NaCl+2.5ccN/2-KCl	10.5

5. Die antagonistische Wirkung zwischen
CaCl₂ und MgCl₂ für Weizenamylase.

Tabelle 20.

Salzkonzentration	Zuckermenge
N/10-CaCl ₂ +2.5ccH ₂ O	4.0
N/10-CaCl ₂ +2.5ccN/2-MgCl ₂	6.75
N/10-CaCl ₂ +2.5ccN/5-MgCl ₂	6.25

Aus den obigen Resultaten erkennen wir die antagonistische Wirkung zwischen verschiedenen Kationen für die Weizenamylase und Takadiastase. Ferner bemerkten wir auch, dass die antagonistische Wirkung zwischen Monovalenz- und Bivalent-Kationen grösser ist als die der Monovalenz-Kationen mit einander. Weiterhin untersuchte ich die antagonistische Wirkung zwischen verschiedenen Anionen mit denselben Kationen für die Weizenamylase und für die Takadiastase

6. Antagonistische Wirkung zwischen
KCl und K₂SO₄ für Weizenamylase.

Tabelle 21.

Salzkonzentration	Zuckermenge	Salzkonzentration	Zuckermenge
N-KCl + 2,5ccH ₂ O	12,5	N-K ₂ SO ₄ + 2,5ccH ₂ O	11,5
N-KCl + 2,5ccN/2K ₂ SO ₄	13,25	N-K ₂ SO ₄ + 2,5ccN/2KCl	12,25
N-KCl + 2,5ccN-K ₂ SO ₄	13,75	N-K ₂ SO ₄ + 2,5ccN-KCl	12,75

7. Antagonistische Wirkung zwischen
KNO₃ und K₂SO₄ für Takadiastase.

Tabelle 22.

Salzkonzentration	Zuckermenge	Salzkonzentration	Zuckermenge
N-KNO ₃ + 2,5ccH ₂ O	8,0	N-K ₂ SO ₄ + 2,5ccH ₂ O	10,0
N-KNO ₃ + 2,5ccN/2K ₂ SO ₄	10,0	N-K ₂ SO ₄ + 2,5ccN/2KNO ₃	11,2
N-KNO ₃ + 2,5ccN-K ₂ SO ₄	11,0	N-K ₂ SO ₄ + 2,5ccN-KNO ₃	12,5

Daraus lässt sich mit Sicherheit die antagonistische Wirkung zwischen den verschiedenen Anionen mit denselben Kationen für die Weizenamylase und für Takadiastase feststellen. Ferner erforschte ich die antagonistischen Erscheinungen zwischen verschiedenen Kationen und Anionen für die Weizenamylase.

8. Die antagonistische Wirkung zwischen
K₂SO₄ und MgCl₂ für Weizenamylase.

Tabelle 23.

Salzkonzentration	Zuckermenge	Salzkonzentration	Zuckermenge
N-K ₂ SO ₄ + 2,5ccH ₂ O	11,0	N-MgCl ₂ + 2,5ccH ₂ O	10,5
N-K ₂ SO ₄ + 2,5ccN/2MgCl ₂	13,5	N-MgCl ₂ + 2,5ccN/2K ₂ SO ₄	13,7
N-K ₂ SO ₄ + 2,5ccN-MgCl ₂	15,25	N-MgCl ₂ + 2,5ccN-K ₂ SO ₄	13,9

9. Die antagonistische Wirkung zwischen
CaCl₂ und MgSO₄ für Weizenamylase.

Tabelle 24.

Salzkonzentration	Zuckermenge	Salzkonzentration	Zuckermenge
N/10CaCl ₂ + 2,5ccH ₂ O	10.0	N/10MgSO ₄ + 2,5ccH ₂ O	10.2
N/10CaCl ₂ + 2,5ccN/2MgSO ₄	11.2	N/10MgSO ₄ + 2,5ccN/CaCl ₂	11.4
N/10CaCl ₂ + 2,5ccN-MgSO ₄	11.5	N/10MgSO ₄ + 2,5ccN-CaCl ₂	—

Auch hier ist die antagonistische Wirkung zwischen den verschiedenen Kationen und Anionen für Weizenamylase bewiesen. In weitem Untersuchungen suchte ich die scheinbaren antagonistischen Wirkungen zwischen den Eiweissabbauprodukten und KCl für die Weizenamylase zu erkennen. Die erhaltenen Ergebnisse sind im folgenden zusammengestellt.

10. Die antagonistische Wirkung zwischen Glykokoll und KCl für Weizenamylase.

Tabelle 25.

Lösung	Zuckermenge mg.
5%Glykokoll+2,5cc H ₂ O	11.0
5%Glykokoll+2,5cc N/2KCl	11.5
5%Glykokoll+2,5cc N-KCl	12.7

Wie in den vorigen Fällen wurde auch hier die antagonistische Wirkung zwischen Glykokoll und KCl für die Weizenamylase bewiesen.

Aus den obigen Resultaten erkennen wir, dass die antagonistische Wirkung zwischen verschiedenen Salzen d. h. von verschiedenen Kationen und gleichen Anionen wie: KCl und CaCl₂, NaCl und CaCl₂, NaCl und KCl oder CaCl₂ und MgCl₂ und von verschiedenen Anionen und gleichen Kationen wie KCl und K₂SO₄, KNO₃ und K₂SO₄ und von verschiedenen Kationen und Anionen wie K₂SO₄ und MgCl₂ oder CaCl₂ und MgSO₄ ferner von Glykokoll und KCl für die Weizenamylase und für Takadiastase bewiesen ist, und dass zwischen dieser Erscheinung und derjenigen der lebenden Zellen sehr nahe Beziehungen bestehen. Solche gemeinsame Erscheinungen für das lebende

Protoplasma und für die enzymatischen Wirkungen müssen mit dem Einfluss auf beiden gemeinsame Eigenschaften zusammenhängen, und die gemeinsamen Eigenschaften des Protoplasmas und der Enzyme, vom Standpunkte der heutigen Forschung aus betrachtet, sind bedingt durch ihren kolloidalen Charakter. Ferner, wenn wir uns über die Beziehung der kolloidalen Eigenschaften zu den antagonistischen Erscheinungen Aufschluss geben wollen, so können wir, gestützt auf meine Versuchsergebnisse, den Schluss ziehen, dass eine Ursache der antagonistischen Erscheinungen die Veränderung der kolloidalen Eigenschaften ist.

E. Zusammenfassung.

Aus den obigen Versuchsergebnissen über die antagonistischen Erscheinungen und die Veränderung der Plasmakolloide können wir die folgenden Ergebnisse zusammenfassen.

1) Die antagonistische Wirkung zwischen verschiedenen Salzen von denselben Kationen aber verschiedenen Anionen, von verschiedenen Kationen aber denselben Anionen, und von verschiedenen Kationen und Anionen für das Weizenwachstum steht in innerer Beziehung mit den antagonistischen Erscheinungen zwischen den oben erwähnten Salzen für die Veränderung der kolloidalen Eigenschaften des lebenden Zellprotoplasmas. So erscheint die entgiftende Wirkung eines Salzes bei Vergiftung mit einem andern Salz als eine Veränderung der Eigenschaft des Plasmakolloides u. zwar in dem Sinne, dass eine Reversion (Rückkehr) dieser kolloidalen Eigenschaften zum anfänglichen Zustand eintritt.

2) Die scheinbar antagonistische Wirkung zwischen Zucker und Salzen oder zwischen Eiweissabbauprodukten und Salzen für das lebende Protoplasma zeigt sich also als eine innere Beziehung zu den antagonistischen Erscheinungen zwischen Zucker oder Eiweissabbauprodukten und Salzen für die Veränderung der kolloidalen Eigenschaften des lebenden Zellplasmas.

3) Die antagonistische Erscheinung zwischen verschiedenen Salzen mit

denselben Kationen aber verschiedenen Anionen, mit verschiedenen Kationen aber denselben Anionen und mit verschiedenen Kationen und Anionen wurde für die Enzymwirkung beobachtet, und diese Erscheinung zwischen Eiweissabbauprodukten und Salzen wurde ebenfalls bei der Enzymwirkung erwähnt.

4) Diese gemeinsamen Erscheinungen des lebenden Protoplasmas und der Enzymwirkung müssen auf den Einfluss gemeinsamer Eigenschaften zurückzuführen sein. Wenn wir, gestützt auf die heutigen wissenschaftlichen Ansichten, die gemeinsamen Punkte des Protoplasmas und Enzyme heraus suchen, so finden wir, dass sie nur kolloidaler Natur sein können. Ferner, wenn wir über die Beziehung der kolloidalen Eigenschaften zu den antagonistischen Erscheinungen Betrachtungen ausstellen, so können wir, gestützt auf meine Versuchsergebnisse schliessen, dass die Ursache der antagonistischen Erscheinungen die Veränderung der kolloidalen Eigenschaften ist.

5) Die oben erwähnte antagonistische Erscheinung zwischen verschiedenen Salzen wurde also gesehen bei ihrer Diffusionsgeschwindigkeit durch die Plasmakolloidschicht, und diese Erscheinungen zwischen Zucker oder Eiweissabbauprodukten und Salzen wurde ebenso erwähnt. Wenn ich diese Tatsache vergleiche mit obigen (Vergl. Zusammenfassung 1, 2, 3.) Erscheinungen, so komme ich zur Ansicht, dass die antagonistische Erscheinung zwischen verschiedenen Salzen oder zwischen Zucker und Salz verursacht ist durch ihre Diffusionsgeschwindigkeit nach Veränderung des Kolloidzustandes des Plasmas.

Inhaltsverzeichnis.

- I. DIE VERÄNDERUNG DER KOLLOIDALEN EIGENSCHAFTEN DES PLASMAS DURCH VERMISCHUNG MIT NEUTRALSALZEN.
1. Auswahl der Proben.
 2. Der Versuchsprozess.
 3. Vergleich der Veränderungskraft des Kations von Neutralsalzen auf die Plasmakolloide.
 4. Vergleich der Veränderungskraft des Anions von Magnesiumsalzen auf die Plasmakolloide.
 5. Vergleich der Veränderungskraft des Anions von Calciumsalzen auf die Plasmakolloide.
 6. Verhältnis zwischen der giftigen Konzentration des Salzes für lebende Zellen und der Veränderung der Plasmakolloide.
 7. Zusammenfassung.
- II. DIE ANTAGONISTISCHE ERSCHEINUNG UND DIE VERÄNDERUNG DER PLASMAKOLLOIDE.
- A. Vergleichsversuch zur Bestimmung der antagonistischen Wirkung verschiedener Salze in Bezug auf Veränderung der Plasmakolloide sowie auf das Wachstum der Pflanzen.
1. Die antagonistische Wirkung zwischen NaCl und CaCl₂.
 2. Die antagonistische Wirkung zwischen KCl und CaCl₂.
 3. Die antagonistische Wirkung zwischen KCl und MgSO₄.
 4. Die antagonistische Wirkung zwischen K₂SO₄ und MgCl₂.
 5. Die antagonistische Wirkung zwischen CaCl₂ und MgCl₂.
 6. Die antagonistische Wirkung zwischen CaCl₂ und MgSO₄.
- B. Die antagonistische Wirkung zwischen Salzen und Zucker oder Eiweissabbauprodukten für die Veränderung der Plasmakolloide.
- C. Die antagonistischen Erscheinungen zwischen verschiedenen Salzen in Bezug auf ihre Diffusionsgeschwindigkeit durch die Plasmakolloidschicht.
1. Die antagonistische Wirkung zwischen KCl und Ca(NO₃)₂ für die Diffusionsgeschwindigkeit.
 2. Die antagonistische Wirkung zwischen KCl und K₂SO₄ für die Diffusionsgeschwindigkeit.
 3. Die antagonistische Wirkung zwischen CaCl₂ und MgSO₄ für die Diffusionsgeschwindigkeit.
 4. Die antagonistische Wirkung zwischen NaCl und AlCl₃ für die Diffusionsgeschwindigkeit.
 5. Die antagonistische Wirkung zwischen CaCl₂ und NaCl für die Diffusionsgeschwindigkeit.

D. Die antagonistischen Erscheinungen zwischen verschiedenen Salzen für enzymatische Wirkungen.

1. Die giftige Konzentration von Salzlösungen auf Amylasewirkung der Weizenkeimlinge und der Takadiastase.
2. Die antagonistische Wirkung zwischen KCl und CaCl_2 für Amylasen.
3. Die antagonistische Wirkung zwischen NaCl und CaCl_2 für Amylasen.
4. Die antagonistische Wirkung zwischen NaCl und KCl für Amylasen.
5. Die antagonistische Wirkung zwischen CaCl_2 und MgCl_2 für Weizenamylase.
6. Die antagonistische Wirkung zwischen KCl und K_2SO_4 für Weizenamylase.
7. Die antagonistische Wirkung zwischen KNO_3 und K_2SO_4 für Takadiastase.
8. Die antagonistische Wirkung zwischen K_2SO_4 und MgCl_2 für Weizenamylase.
9. Die antagonistische Wirkung zwischen CaCl_2 und MgSO_4 für Weizenamylase.
10. Die antagonistische Wirkung zwischen Glykokoll und KCl für Weizenamylase.

E. Zusammenfassung.