

DIFFUSIONSVERSUCHE

DURCH

Membranen mit zwei Salzen.

Inauguraldissertation

zur

ERLANGUNG DER DOCTORWÜRDE,

vorgelegt

der hohen medicinischen Facultät

der

Universität Zürich

von

ARNOLD GROBETA

von Zürich.

Zürich,

Druck von E. Kiesling.

1851.

UNIVERSITY OF TORONTO

LIBRARY

1900

THE UNIVERSITY OF TORONTO

LIBRARY

1900

UNIVERSITY OF TORONTO

LIBRARY

1900

Die für die Physiologie höchst wichtige Lehre der Diffusion und Imbibition verdient mit Recht die Aufmerksamkeit, die ihr in neuerer Zeit von einigen Experimentatoren geschenkt worden ist. Den Untersuchungen am lebenden Körper muss begreiflich das physikalische Experiment vorausgehen, und zwar zuerst unter möglichst einfachen Bedingungen. Leider ist aber bis jetzt wenig in diesem Sinne gearbeitet worden. Die erste strenge Untersuchung in diesem Sinne über Diffusion eines Salzes durch eine Membran ist von Jolly^{*)} gemacht worden, in welcher er die verschiedene Anziehungskraft der Schweinsblase zu verschiedenen Salzen nachwies und das Diffusionsaequivalent, d. h. das Verhältniss zwischen den ausgetauschten Salz- und Wassermengen, als eine für ein Salz unter allen Verhältnissen constante Grösse hinstellte. Bald darauf erschien die Arbeit von Ludwig^{**)}, welcher zeigte, dass das Diffusionsaequivalent eine von der Concentration abhängige Grösse sei. Die gleiche Arbeit enthielt auch ganz neue Thatsachen über die Art

^{*)} Zeitschrift f. rat. Med., Bd. VII, Hft. I.

^{**)} Zeitschr. f. rat. Med., Bd. VIII, Hft. I.

der Vertheilung einer Salzlösung in einer Membran. Graham*) hat die Art der Vertheilung der Salze im Wasser, ohne dass sie durch eine Membran durchgehen, nachgewiesen.

Wie die Verhältnisse sich gestalten, wenn man zwei Salze durch eine Membran diffundiren lässt, darüber liegen noch keine Untersuchungen vor. In dieser Richtung habe ich daher Versuche auf dem physiologischen Institute der zürcherischen Universität angestellt.

*) Ann. Ch. Pharm., LXXVII, 56. 129.

I.

DIFFUSIONSVERSUCHE

DURCH
MEMBRANEN.

Die Frage, wie sich zwei Salze, die sich gegenseitig nicht zersetzen, beim Durchgang durch eine Membran verhalten, kann verschiedenartig gelöst werden:

1) Beide Salze können sich auf einer, und das Wasser auf der andern Seite befinden; die Diffusion kann in diesem Falle entweder bis zur Ausgleichung mit dem entgegengesetzten Wasser, so dass wir im innern und äussern Gefäss Flüssigkeiten von gleicher Concentration haben, oder bis zur vollkommenen oder annähernden Verdrängung der Salze durch das Wasser getrieben werden.

2) Die Salze können sich auf verschiedener Seite befinden, und hier kann wiederum der Versuch so lange fortgesetzt werden, bis eine vollendete Ausgleichung beider Salze, oder eine Verdrängung des einen durch das andere stattgefunden.

Ich habe den ersten einfachern Fall gewählt.

Die angewendeten Salze waren *Kochsalz* und *Glaubersalz*, beide chemisch rein, was durch mehrmaliges Umkrystallisiren der käuflichen Salze erreicht wurde.

Die Untersuchungsmethode, die ich befolgte, war im

Allgemeinen die Jolly'sche, jedoch mit Modifikationen, die schon zum Theil von Ludwig angewendet worden.

Als Haut benutzte ich den Herzbeutel des Ochsens, welcher weniger complicirt gebaut ist, als die Schweinsblase, da er nur aus elastischem und Bindegewebe besteht. Um ihn möglichst rein zu haben, wurde der von anhängendem Fett und Zellgewebe befreite Herzbeutel mehrere Tage in reines Wasser gehängt; sowie sich eine Spur von fauligem Geruch einstellte, wurde er in Alcohol gelegt, dann getrocknet und zwei Mal für mehrere Stunden in kochenden Alcohol gebracht, um das Fett aus dem Gewebe herauszubringen. Die so gereinigten Hautstücke wurden vor der Aufbindung in destillirtem Wasser weich gemacht und dann so aufgebunden, dass die rauhe Seite nach Aussen kam.

Als innere Röhren benutzte ich zehnnunzige Arzneigläser, bei welchen der Boden abgesprengt und die Ränder abgeschliffen wurden. Sie bieten verschiedene Vortheile: 1) haben sie an der Stelle, wo die Häute aufgebunden werden, die Cylinderform; 2) sind sie leicht und fassen doch viel Flüssigkeit; 3) bietet das aufgebundene Membranstück eine grosse Fläche dar, wodurch die Diffusion schneller vor sich geht, und 4) eignet sich ihr oberes Ende zum Aufhängen und schützt vor Verdunstung.

Um den Fehler der Verdunstung zu eliminiren, wurden die Gläser in einem mit Wasser gesättigten Raume aufgehängt, in welchem sie mit der äussern Flüssigkeit in Berührung kamen. Den ganzen Apparat soll die Fig. 1 versinnlichen. Diese Methode, den Verdunstungsfehler zu eliminiren, ist jedenfalls der Jolly'schen, die Verdunstung durch eine Controllröhre zu messen, vorzuziehen.

Das destillirte Wasser wurde, wenn wasserfreies Salz im innern Rohr war, in den ersten 24 Stunden 3 Mal gewechselt und hernach alle 24 Stunden 1 Mal. Das Gewicht des destillirten Wassers im äussern Gefäss betrug ungefähr 4 Pfund. Benutzte ich Salzlösung als äussere Flüssigkeit, so wandte ich eine Flüssigkeitsmenge von 12 Pfund an. Die Diffusion wurde unterbrochen, wann im innern Rohr kein deutliches Steigen der Flüssigkeit mehr bemerklich war. Im Uebrigen beobachtete ich das von Ludwig angewandte Verfahren, d. h. ich bestimmte nach Beendigung des Versuchs den Gehalt der Flüssigkeit im innern Rohr und wog das mit Löschpapier aussen und innen getrocknete Rohr. Die Procentgehalte der Flüssigkeiten wurden durch Abdampfen im Wasserbade und nachheriges Glühen bestimmt. Um den Procentgehalt der einzelnen Salze aus einem Gemenge von Na Chl und NaO SO_3 zu erhalten, wurde das NaO SO_3 durch schwefelsauren Baryt bestimmt. Diese Methode der Bestimmung des Diffusionsaequivalents ist der Jolly'schen vorzuziehen, weil die Häute nicht faulen und Beschädigungen weniger ausgesetzt sind, wozu durch das öftere Abtrocknen und Abwägen Gelegenheit gegeben wird, und nie Verlust durch Verdunstung eintritt. Fehlerfrei ist natürlich unsere Methode auch nicht; wie gering jedoch die Fehler sind, wird sich aus der Betrachtung der Fehlerquellen ergeben.

Um eine annähernde Fehlergrenze für die Wägungen des feuchten Rohrs zu finden, machte ich mit allen Röhren ein paar Wägungen, und zwar folgendermassen: Das mit Wasser gefüllte Rohr wurde in destillirtes Wasser gehängt, ungefähr 6 Stunden darin gelassen, dann

herausgenommen und zuerst inwendig mit Löschpapier ausgetrocknet, was bei dieser Art Gläser begreiflich schwieriger ist, als bei geraden Röhren; nachher wurde auch die Aussenfläche rasch abgetrocknet und das Glas gewogen. Bei den eigentlichen Versuchen, wo natürlich die äussere Fläche zuerst trocken gemacht werden musste, erhielt ich während des nachherigen Austrocknens der innern Seite die äussere immer nass. Hätte ich diese Vorsichtsmassregel versäumt, so wäre ein ziemlicher Verdunstungsfehler eingetreten.

Für die einzelnen Röhren erhielt ich bei den Wägerversuchen folgende Zahlen:

VI trocken	= 74,51	VII trocken	= 39,69
VI feucht	= 75,99	VII feucht	= 41,12
VI -	= 76,00	VII -	= 41,20
VI -	= 76,10	VII -	= 41,22
VI -	= 75,98	VII -	= 41,19
VI -	= 76,14	VII -	= 41,15
VI -	= 76,11	VII -	= 41,18
Grösste Differenz	= 0,16	Grösste Differenz	= 0,10
III trocken	= 61,94	I trocken	= 41,57
III feucht	= 63,54	I feucht	= 42,98
III -	= 63,61	I -	= 42,94
III -	= 63,50	I -	= 43,00
III -	= 63,57	Grösste Differenz	= 0,06
III -	= 63,52	II trocken	= 73,46
III -	= 63,59	II feucht	= 74,87
Grösste Differenz	= 0,11	II -	= 74,98
		II -	= 74,89
		Grösste Differenz	= 0,11
V trocken	= 62,45	IV trocken	= 49,56
V feucht	= 63,80	IV feucht	= 50,75
V -	= 63,78	IV -	= 50,83
V -	= 63,93	IV -	= 50,90
Grösste Differenz	= 0,15	Grösste Differenz	= 0,15

Die grösste Differenz, die die Wägungen eines Rohrs bei diesen Wägeversuchen zeigen, ist 0,16 grm. Jedoch ist zu bemerken, dass nicht die ganze Zahl als Wägungsfehler betrachtet werden kann, denn das trockene Rohr zeigt auch nicht immer das gleiche Gewicht; es hängt diess von dem geringen oder grössern Wassergehalt der Luft und von der Temperatur des Rohrs ab. Gesetzt aber auch, es wäre wirklich 0,16 grm. der Wägungsfehler, so wurde diesem Fehler der Einfluss dadurch geraubt, dass ich immer möglichst grosse Quantitäten von Flüssigkeit (bis 110 grm. Diffusionsflüssigkeit) anwendete, welches dadurch möglich wurde, dass mir eine Waage, die bei 1 Pfund Belastung noch 0,01 grm. genau wiegt, zu Gebote stand.

Man könnte ferner dieser Methode Analysenfehler vorwerfen; diese würden bei mangelhafter Arbeit gewiss auch nicht ausbleiben. Allein ich machte die Procentbestimmungen immer in 2 Tiegeln, und sobald sich eine Abweichung in der ersten Dezimale zeigte, wurde der Versuch nicht benutzt. Um den hierbei allenfalls vorhandenen Fehler nicht durch die Rechnung zu vergrössern, wurden jedes Mal möglichst grosse Quantitäten der Diffusionsflüssigkeit untersucht. Zur Bestimmung des NaO SO_3 im Gemenge, wurde immer der Inhalt beider Tiegel verwendet; denn oft war der Rückstand zu gering, um die Analyse des Inhalts jedes einzelnen Tiegels zu machen.

Diese Fehlerquellen sind aber nicht die einzigen, welche in Betracht kommen, wenn man, wie in vorliegender Arbeit, beabsichtigt, die von derselben Membran

zu verschiedenen Zeiten erhaltenen Diffusionsaequiv. zu vergleichen.

Auf das Diffusionsaequiv. übt, wie Jolly zeigte, die Natur, und wie Ludwig nachwies, der Gehalt der Lösung an Salz, einen Einfluss aus. Ausser diesen Umständen wirken aber auch noch andere Gründe verändernd auf das Diffusionsaequiv., unter die, wenigstens in unsern Versuchen nicht hervorragend, die Temperatur zu zählen ist. Es ist nicht gelungen, die Gründe aufzufinden, die vielleicht in Besonderheiten der Membran bestehen, die von einem zum andern Versuche eintreten, Besonderheiten, die bald erhöhend, bald erniedrigend auf das Diffusionsaequiv. wirken. Der einzige Ausweg, der hier blieb, um diese von uns noch als Zufälligkeiten zu betrachtenden Umstände in ihrem Werth zu verkleinern, bestand darin, mit derselben Membran viele Versuche anzustellen, und für die Stoffe die Grenze aufzufinden, in der sich das Aequiv. bei ihrer Anwendung bewegt. Zu diesem Zweck liess ich verschieden starke Lösungen durch dieselbe Membran diffundiren; mit jeder Lösung wurden mehrere Versuche gemacht. Diese Versuchsreihe unternahm ich um so lieber, als eine Entscheidung der Streitfrage, die zwischen Jolly und Ludwig besteht, nämlich, ob mit Aenderung der Concentration eine Aenderung des Aequiv. eintritt, hieraus gewonnen wurde.

I.

Versuche mit Kochsalz.

Rohr.	Salzgehalt der Lösung beim Beginn des Versuchs.	Prozentgehalt am Ende des Versuchs.	Zeitdauer in Stund.	Temperat. nach Reaumur.	Diffusionsaequiv.	Mittleres Diffusionsaequiv.	Abweichung vom Mittel.
VI	12,000 in wssfr.Z.	0,119	78	+10—15	5,4	5,5	-0,1
VI	12,000 - - -	0,072	78	12—15	5,6		+0,1
VI	17,389 Prozent	1,894	48	8—11	4,5		
VII	12,000 in wssfr.Z.	0,068	78	12—15	5,3		
I	11,890 - - -	0,000	77	13—18	4,0	4,1	-0,1
I	12,000 - - -	0,040	78	9—12	4,2		+0,1
II	12,000 - - -	0,164	78	9—15	5,6		
II*	1,011 - - -	0,000	71	10—16	5,3	5,2	+0,1
II	3,002 - - -	0,000	71	10—16	5,1		-0,1
VI	1,013 - - -	0,000	71	10—16	5,5	5,45	+0,05
VI	3,004 - - -	0,000	71	10—16	5,4		-0,05
III	15,000 - - -	1,554	50	12—15	5,4	5,45	-0,05
III	10,000 - - -	0,936	50	9—13	5,5		+0,05
III	23,993 Prozent	1,673	56	10—13	4,2		+0,1
III	23,993 -	1,903	59	9—12	4,1	4,1	-
III	23,760 -	2,197	56	13—20	4,1		-
III	16,973 -	1,438	57	14—18	4,1	4,1	
III	10,220 -	1,141	56	10—15	4,0		+0,1
III	10,220 -	1,357	56	11—15	4,0	3,9	+0,1
III	10,242 -	0,764	57	14—18	3,8		-0,1
III	5,369 -	0,158	59	9—15	3,7		+0,1
III	5,122 -	0,654	56	8—11	3,7	3,6	+0,1
III	5,526 -	0,358	57	13—18	3,5		-0,1
III	1,163 -	0,063	57	15—20	4,0		-0,2
III	1,124 -	0,177	57	13—19	4,3	4,2	+0,1
III	1,058 -	0,132	56	13—16	4,3		+0,1

* Die Röhren II und VI mit 1 und 3 gm. Salz waren kleine Arzneigläser, die ich im Anfang benutzte.

Daraus ergibt sich die Curve 1 (s. Abbild.), unter der Voraussetzung, dass die Absc. x den Prozentgehalt der innern Flüssigkeit und die Ordin. y das Diffusionsaequiv. bezeichnet. Zur Erläuterung muss beigefügt werden, dass das Na Chl, welches in den Versuchen in

wasserfreiem Zustande angewandt wurde, auf der Curve als eine 27% Lösung aufgetragen ist; man kann nämlich das trockne Salz als eine möglichst gesättigte Lösung ansehen, denn es beginnt nicht eher eine Diffusion, als bis sich eine Lösung gebildet hat. Auf die Temperatur brauchen wir beim Lösungsverhältniss des Na Cl keine Rücksicht zu nehmen, da sich in der Wärme und Kälte beinahe gleich viel löst.

II.
Versuche mit Glaubersalz.

Rohr.	Äussere Flüssigkeit.	Salzgehalt der Lösung beim Beginn des Versuchs.	Prozentgehalt am Ende des Versuchs.	Zeitdauer in Stund.	Temperat. nach Reaumur.	Diffusionsaequival.	Mittleres Diffusionsaequival.	Abweichung vom Mittel.
VI	aq. destill.	6,000 in wssfr.Z.	0,114	78	+16—20	11,3	11,55	-0,25
VI	-	6,000 - - -	0,336	80	8—11	11,8		+0,25
VI	-	4,765 Prozent.	0,907	48	10—15	8,8	8,8	
VII	-	6,000 in wssfr.Z.	0,303	80	8—13	11,9	11,9	
I	-	6,000 - - -	0,061	79	11—16	8,4	8,4	
I	-	6,000 - - -	0,037	77	16—20	8,4		
II	-	6,000 - - -	0,378	77	16—20	11,9	11,9	
II	-	1,001 - - -	-	69	13—16	11,1		-0,1
II	-	3,006 - - -	0,917	71	10—15	11,3	11,2	+0,1
VI	-	1,002 - - -	-	69	13—16	10,3	10,3	
IV	5,282 % NaS	10,000 - - -	6,025	130	13—19	12,6		
IV	-	10,000 - - -	1,900	130	13—18	12,1		
IV	-	5,282 - - -	9,089 Prozent.	130	15—19	9,9		
IV	-	10,451 - - -	2,609	130	12—16	10,3		

II. Versuche mit Glaubersalz.

Rohr.	Äussere Flüssigkeit.	Salzgehalt der Lösung beim Beginn des Versuchs.	Prozentgehalt am Ende des Versuchs.	Zeitdauer in Stund.	Temperat. nach Reaumur.	Diffusionsaequiv.	Mittleres Diffusionsaequiv.	Abweichung vom Mittel.
IV	aq. destill.	9,933	0,486	134	+10—15	8,8	8,8	
V	5,282 % Na ₂ S	10,000 in wassr. Z.	5,975	130	13—18	12,4		
V	0,553	10,000	2,297	130	15—19	12,0		
V	5,282	9,001	5,877	130	14—19	10,2		
V	0,553	11,834	3,107	134	9—14	9,9		
V	aq. destill.	9,933	0,501	134	10—15	8,3	8,3	
V	-	5,000 in wassr. Z.	1,660	48	10—13	9,8	9,8	
V	-	9,586	3,063	48	9—13	8,9		+0,2
V	-	9,586	2,245	48	11—15	8,5		-0,2
V	-	9,586	1,141	48	8—11	7,9		+0,15
V	-	5,289	1,441	48	10—13	7,6		-0,15
V	-	5,289	1,519	48	10—13	7,6		+0,3
V	-	1,127	0,326	48	12—15	7,8		
V	-	1,127	0,367	48	10—13	7,5		
V	-	1,132	0,286	48	11—15	7,3		-0,2

Daraus ergeben sich die Curven 2 und 3 (s. Abbild.). Bei Curve 2 bezeichnet wiederum die Absc. x den Prozentgehalt und die Ord. y die Aequiv. Bei Curve 3 bezeichnet die Absc. x die Concentration der äussern Flüssigkeit und die Ord. y die Aequiv.

Auch hier habe ich das wasserfreie Na O SO₃ als Solution aufgetragen, und zwar als eine 15% Lösung; denn diess ist das Lösungsverhältniss des Na O SO₃ im

Wasser bei der mittlern Temperatur, die wir in unsern Versuchen hatten. (15% bei 14,8° R.)

Aus diesen Thatsachen sind wir berechtigt, folgende Schlüsse zu ziehen:

1) Es zeigt sich in sofern eine Uebereinstimmung mit Jolly und Ludwig, als die Zahlen der Aequiv. der beiden Salze ungefähr dieselben sind, welche die genannten Forscher bei ihren Versuchen gefunden haben.

2) Mit Ludwigs Versuchen stimmen die meinigen überein, insofern eine Veränderung mit der Concentration eintritt. Die genannten Veränderungen sind beträchtlich genug, um die Unanwendbarkeit der Jolly'schen Formel, insofern Jolly die Aequiv. unabhängig von der Concentration hält, zu erweisen.

Andrerseits weichen aber die vorliegenden Resultate von denen Ludwigs ab, als

1) seine Glaubersalzcurve anders geht, und seine Kochsalzcurve in den niedern Concentrationen nicht wieder zu steigen anfängt, was die meinige thut;

2) die Differenzen zwischen einer starken und schwachen Solution nicht so gross sind, als er sie gefunden hat. Wenn die von Jolly angewandten Membranen sich den meinigen ähnlich verhalten haben, so ist es begreiflich, dass er bei seinen Versuchen so geringe Abweichungen bekommen hat.

Nachdem wir die Verhältnisse für jedes einzelne Salz festgestellt haben, wollen wir nun die Resultate betrachten, welche die Diffusion beider Salze im Gemenge ergeben. Bei diesem Versuche wandte ich die Salze in wasserfreiem Zustande an.

III.

Diffusion beider Salze im Gemenge.

Rohr.	Gehalt beim Beginn des Versuchs.	Gehalt am Ende des Versuchs.	Zeitdauer in Stunden.	Temperat. nach Reaumur.	Diffusions-aequival.	Mittleres Diffusions-aequival.	Abweichung vom Mittel.
VI	(6,000 Na O SO ₃ (12,000 Na Chl	0,659 0,053	78	+13—17	7,1	7,35	—0,25
VI	(6,000 Na O SO ₃ (12,000 Na Chl	0,559 0,087	78	8—12	7,6		+0,25
VII	(6,000 Na O SO ₃ (12,000 Na Chl	1,225 —	78	12—15	7,3	5,5	—
I	(6,000 Na O SO ₃ (12,000 Na Chl	0,518 0,050	78	12—16	5,5		—
I	(6,000 Na O SO ₃ (12,000 Na Chl	0,826 0,099	78	12—15	5,5		—
II	(6,000 Na O SO ₃ (12,000 Na Chl	0,921 1,865	78	12—15	7,7		—
II	(1,002 Na O SO ₃ (1,002 Na Chl	— —	70	10—15	7,8		
II	(3,005 Na O SO ₃ (3,000 Na Chl	0,768 —	71	7—12	7,5		
VI	(1,006 Na O SO ₃ (1,001 Na Chl	0,004 —	70	10—15	7,6		

Aus den bei einem solchen Versuch eingetretenen Wassermengen und ausgetretenen Salzmengen lassen sich die Aeq. der einzelnen Salze folgendermassen berechnen: a sei die Menge des einen Salzes, welches im Gemenge übergegangen ist und b sein Aequivalent, das unter möglichst gleichen Bedingungen bestimmt wurde, so ist $a \times b$ die Wassermenge dieses Salzes im Gemenge; zieht man diese von der gesammten Wassermenge, die durch die Diffusion des Gemenges erhalten

wurde, ab, so ist der Rest das Diffusionsaeq. für das andere Salz. Ebenso verfährt man, um das Diffusionsaeq. des ersten Salzes zu bestimmen.

In Tabelle IV sind die Wassermengen des Gemenges und die Aequiv. der einzelnen Salze, wie sie sich durch den Versuch und die Berechnung ergeben haben, angeführt.

IV.

	Wassermenge		Differenz.	Diffusaeq. d. Na Cl		Differenz.	Diffusaeq. d. Na O SO ₃		Differenz.
	des Versuchs.	durch Berechnung.		durch den Versuch.	durch Berechnung.		durch den Versuch.	durch Berechnung.	
VI	123,198	123,736	-0,538	5,4	5,3	-0,1	11,3	11,1	-0,2
VI	132,214	130,915	-1,299	5,6	5,7	+0,1	11,8	12,1	+0,3
VII	121,385	120,065	-1,320	5,3	5,4	+0,1	11,9	12,1	+0,2
I	97,232	93,480	-3,752	4,0	4,2	+0,2	8,4	9,0	+0,6
I	95,535	93,445	-2,090	4,2	4,3	+0,1	8,4	8,8	+0,4
II	116,944	117,190	+0,246	5,6	5,5	-0,1	11,9	11,8	-0,1
II	39,549	40,578	+1,029	5,1	4,7	-0,4	11,3	10,8	-0,5
VI	15,458	15,831	+0,373	5,5	5,1	-0,4	10,3	9,9	-0,4

In Tabelle V sind die Aeq. für sich und aus dem Gemenge berechnet und ihre Abweichung neben einander gestellt.

V.

Rohr.	Für sich.	Aus dem Gemenge berechnet.	Abweichung.	
VI	5,4	5,3	-0,1	} Kochsalz.
VI	5,6	5,7	+0,1	
VII	5,3	5,4	+0,1	
I	4,0	4,2	+0,2	
I	4,2	4,3	+0,1	
II	5,6	5,5	-0,1	

V.

Rohr.	Für sich.	Aus dem Gemenge berechnet.	Abweichung.	
VI	11,3	11,1	-0,2	} Glaubersalz.
VI	11,8	12,1	+0,3	
VII	11,9	12,1	+0,2	
I	8,4	9,0	+0,6	
I	8,4	8,8	+0,4	
II	11,9	11,8	-0,1	
II	5,1	4,7	-0,4	} Kochsalz.
VI	5,5	5,1	-0,4	
II	11,3	10,8	-0,5	} Glaubersalz.
VI	10,3	9,9	-0,4	

Aus diesen Thatsachen folgt:

- 1) *Im Gemenge ändert sich das Diffusionsäquivalent der einzelnen Salze nicht.*

Dieser Satz ist dadurch bewiesen, dass das Diffusionsäquiv. des Gemenges gleich ist der Summe der Diffusionsäeq. der beiden Salze, und daher die Diffusionsäeq. aus dem Gemenge berechnet, die Diffusionsäeq. der Membranen sind.

Die Abweichungen, welche sich zwischen den durch den Versuch, und den durch Berechnung gefundenen, zeigen, fallen bei den meisten nicht über die Grenzen hinaus, welche wir als die der Diffusionsäeq. kennen lernten.

- 2) *Ausser dem angeführten Gesetz ergeben sich aus diesen Versuchen noch andere interessante Thatsachen in Bezug auf die Diffusionsgeschwindigkeit.*
Wenn wir von Diffusionsgeschwindigkeit sprechen,

müssen wir wohl unterscheiden die des *Salzstroms* und die des *Wasserstroms*.

Für den erstern gelten folgende Bestimmungen:

Der *Salzstrom* des Kochsalzes übertrifft denjenigen des Glaubersalzes beträchtlich; er beträgt das Doppelte. Zwar lässt sich in den vorliegenden Fällen nicht mit aller Schärfe darüber entscheiden, weil in einigen Fällen das Kochsalz ganz ausgetreten ist, aber doch scharf genug, um diese allgemeine Angabe zu machen.

In Tabelle VI sind die bei den Versuchen mit den einzelnen Salzen übergegangenen Salzmenngen nebst ihrem Verhältniss zu einander angegeben.

VI.

Rohr.	Uebergegan- nes Na Cl	Zeitdauer.	Uebergegan- nes Na O SO ₃	Zeitdauer.	Verhältniss des Na O SO ₃ zum Na Cl
VI	11,924	78	5,123	78	1 : 2,0
VI	11,951	78	5,769	80	1 : 2,0
VII	11,956	78	5,790	80	1 : 2,0
I	11,980	77	5,969	79	1 : 2,0
I	11,979	78	5,981	78	1 : 2,0
II	11,888	78	5,740	77	1 : 2,0

Für die beiden Salze im Gemenge erhält man folgende Resultate:

- a) Im Gemenge ändert sich die Diffusionsgeschwindigkeit des Kochsalzes nicht, ausser in einem Falle (II), wo sie geringer geworden ist, die des Glaubersalzes vermindert sich dagegen.
- b) Die Geschwindigkeit des totalen Salzstromes im Gemenge ist demnach sehr vermehrt, doch nicht gleich der Summe beider.

VII.

Geschwindigkeit des Salzstroms im Gemenge.

Rohr.	Uebergangenes Na Chl und Na O SO ₃	Zeitdauer.	Verhältniss des Na O SO ₃ zu Na Chl
VI	(11,947 Na Chl (5,341 Na O SO ₃	78	1 : 2,23
VI	(11,913 Na Chl (5,441 Na O SO ₃	78	1 : 2,18
VII	(12,000 Na Chl (4,775 Na O SO ₃	78	1 : 2,51
I	(11,950 Na Chl (5,482 Na O SO ₃	78	1 : 2,18
I	(11,901 Na Chl (5,174 Na O SO ₃	78	1 : 2,30
II	(10,135 Na Chl (5,079 Na O SO ₃	78	1 : 1,99

Was den *Wasserstrom* betrifft, so gilt hier Folgendes:

- a) Der *Wasserstrom* geht bei beiden Salzen mit annähernd gleicher Geschwindigkeit vor sich.

In *Tabelle VIII* sind die *Wassermengen* angegeben, welche für die in *Tabelle VI* angegebenen *Salzmengen* eingetreten sind.

Rohr.	Für Na Chl übergangenes Wasser.	Zeitdauer.	Für Na O SO ₃ übergangenes Wasser.	Zeitdauer.
VI	65,18	78	67,40	78
VI	67,98	78	68,33	80
VII	64,54	78	69,05	80
I	51,30	78	50,75	77
I	48,79	77	50,53	77
II	67,79	78	68,46	77

- b) Im Gemenge geht der Wasserstrom der beiden Salze ebenfalls mit gleicher Geschwindigkeit vor sich; begreiflicher Weise kann aber nicht die Summe der beiden Zahlen herauskommen, weil die Diffusionsgeschwindigkeit des Glaubersalzes sich gemindert hat.
- 3) Die Unabhängigkeit der Diffusion heider Salze zeigt sich darin, dass das mit grösserer Diffusionsgeschwindigkeit begabte sich unter Zurücklassung des mit geringerer Geschwindigkeit versehenen aus der Röhre entfernt; mit andern Worten: das Diffusionsbestreben der Kochsalzlösung ins Wasser ist grösser, als das der Glaubersalzlösung.

II.

IMBIBITIONSVERSUCHE.

Bei den Imbibitionsversuchen befolgte ich die Methode, welche Ludwig bei seinen Versuchen anwandte. Mein Verfahren weicht von dem seinigen nur bei der Bestimmung des Procentgehaltes der Flüssigkeit in den Membranen ab. Ludwig wog die mit Löschpapier getrockneten imbibirten und hernach bei 100° C. getrockneten Membranen. Das letztere Trocknen unterliess ich; da man den absoluten Gehalt der Flüssigkeit vor der Imbibition kennt, und den nach der Imbibition aus dem Procentgehalte berechnen kann, so ist die Differenz, die sich aus beiden ergibt, die in der Membran enthaltene Salzmenge.

Als Membranen benutze ich auch hier Stücke des Herzbeutels, welche wiederholt mit kochendem Alkohol und Aether ausgezogen waren. Die angewandten Salze waren Kochsalz und Glaubersalz.

Diese Versuche wurden mit möglichst grosser Genauigkeit ausgeführt. Die Aalysen, die bei den schwachen Solutionen in 3 Tiegeln gemacht wurden, mussten

bis auf die 2. Dezimale genau sein. Um das Glaubersalz im Gemenge zu bestimmen, wurden natürlich auch immer 2 Analysen gemacht und hier die gleichen Vorsichtsmassregeln beachtet, wie bei den einfachen Prozentbestimmungen.

Die Versuche ergaben:

I.

Kochsalz für sich.

	Prozentgehalt der äusseren Flüssigkeit.	Prozentgehalt der inneren Flüssigkeit.	Versuchs- dauer.	Temperatur nach Reaumur.	Verhältniss- Äussere Flüssigkeit = 1.
1)	24,062	20,022	76	+10 — 14	0,83
2)	24,288	20,427	78	+12 — 15	0,84
3)	6,005	4,679	48	+ 9 — 14	0,77
4)	5,540	4,545	76	+ 9 — 15	0,82
5)	5,493	4,512	76	+10 — 14	0,82

Für Kochsalz ist das *Dichtigkeitsverhältniss*, d. h. das Verhältniss zwischen dem Prozentgehalt der äusseren und inneren Flüssigkeit, für alle Lösungen ein bestimmtes. Die grösste Abweichung zeigt der Versuch 3. Man könnte glauben, die Zeit wäre an der Abweichung Schuld, indem bei allen andern Versuchen die Imbibitionsdauer 76 Stunden beträgt, und bei diesem nur 48. Der Grund, den man dafür anbringen könnte, wäre folgender: Wenn einmal die Membranen durchfeuchtet sind, dringt auch die Imbibitionsflüssigkeit unverändert in die durch die Ausdehnung der Membranen sich bil-

denden Räume, und wir würden somit bei längerer Imbibitionsdauer ein grösseres Dichtigkeitsverhältniss, welches das Mittel aus der Lösung, die verändert in die Membran und der in die Membran unverändert aufgenommenen Salzlösung darstellen würde, erhalten. Wenn aber diess der Fall wäre, so müsste auch das *Quellungsverhältniss*, d. h. die von der Membran aufgenommene Flüssigkeitsmenge, ein anderes seyn, was aber durch unsere Versuche widerlegt wird; denn das Verhältniss der Membranen zur aufgenommenen Flüssigkeit, Membranen = 1 gesetzt, ist Folgendes:

	Membranen.	Flüssigkeit.	Quellungsverhältniss.
1)	5,259	5,434	= 1,03
2)	8,458	8,562	= 1,01
3)	6,320	8,355	= 1,32
4)	8,857	12,055	= 1,36
5)	3,299	4,454	= 1,35

Es geht zugleich daraus hervor, dass die Imbibition von der Zeit jenseits gewisser Grenzen unabhängig ist.

Für *Glaubersalz* erhält man andere Verhältnisszahlen als für das Kochsalz.

II.

Glaubersalz für sich.

	Prozentgehalt der äussern Flüssigkeit.	Prozentgehalt der innern Flüssigkeit.	Versuchsdauer in Stunden.	Temperat. nach Reaumur.	Verhältniss. Aeusserer Flüssigkeit = 1.
1)	11,692	4,623	70	+ 8—13	0,39
2)	6,500	3,578	70	+ 10—16	0,55
3)	4,831	2,744	48	+ 10—13	0,56
4)	4,803	2,755	48	+ 8—12	0,57

Das Verhältniss zwischen imbibirter Flüssigkeit und Membranen, letztere = 1 gesetzt, ist folgendes:

	Membranen.	Flüssigkeit.	Quellungsverhältn.
1)	6,360	5,472	= 0,86
2)	6,989	7,881	= 1,13
3)	6,928	7,980	= 1,15
4)	6,304	7,294	= 1,15

Beim Glaubersalz haben wir kein konstantes Dichtigkeitsverhältniss, wie beim Kochsalz. Offenbar hat hier die Concentration der Imbibitionsflüssigkeit einen Einfluss. Bei einer niedrigen Concentration nehmen die Membranen relativ mehr Salz auf, als bei einer höhern. Diese Erscheinung findet ihren Grund entweder 1) darin, dass die Membranen, wenn sie in Berührung mit einer concentrirten Glaubersalzsolution kommen, eine relativ grössere Anziehungskraft zum Wasser haben, oder 2) darin, dass bei niedrigen Concentrationen sich in den Membranen schädliche Räume bilden, in welche die Solution unverändert eindringt.

Imbibitionsversuche mit einem Gemenge beider Salze.

III.

A. Mittleres Verhältniss.

	Prozentgehalt der äussern Flüssigkeit.	Prozentgehalt der innern Flüssigkeit.	Versuchs- dauer.	Temperatur nach Reaumur.	Verhältniss. Aeusserer Flüssigkeit = 1.	Verhältniss des NaO SO ₃ zum Na Chl ; Na Chl = 100.
1)	10,810 (7,838 Na Chl (2,972 Na O SO ₃)	7,708 (6,629 Na Chl (1,079 Na O SO ₃)	72	+ 10 — 13	0,71	38
2)	10,817 (7,832 Na Chl (2,985 Na O SO ₃)	7,856 (6,776 Na Chl (1,079 Na O SO ₃)	72	+ 10 — 15	0,72	38
3)	15,636 (10,514 Na Chl (5,122 Na O SO ₃)	10,904 (9,073 Na Chl (1,841 Na O SO ₃)	48	+ 11 — 14	0,69	48
4)	10,799 (5,813 Na Chl (4,986 Na O SO ₃)	7,030 (4,646 Na Chl (2,384 Na O SO ₃)	48	+ 9 — 12	0,65	85
5)	9,930 (5,312 Na Chl (4,618 Na O SO ₃)	6,275 (4,093 Na Chl (2,182 Na O SO ₃)	46	+ 10 — 13	0,63	86
6)	10,026 (5,326 Na Chl (4,700 Na O SO ₃)	6,510 (4,295 Na Chl (2,215 Na O SO ₃)	48	+ 9 — 13	0,64	88

B. Aus diesem Gemenge lässt sich das Dichtigkeitsverhältniss der einzelnen Salze direkt bestimmen.

a. Für *Kochsalz*:

	Aeusserer Prozentgehalt.	Innerer Prozentgehalt.	Verhältniss.
1)	7,838	6,629	= 0,84
2)	7,832	6,776	= 0,85
3)	10,514	9,073	= 0,85
4)	5,813	4,646	= 0,79
5)	5,312	4,093	= 0,77
6)	5,326	4,295	= 0,80

b. Für *Glaubersalz*:

1)	2,972	1,079	= 0,36
2)	2,985	1,079	= 0,36
3)	5,122	1,841	= 0,35
4)	4,986	2,384	= 0,47
5)	4,618	2,182	= 0,45
6)	4,700	2,215	= 0,47

Für das *Quellungsverhältniss* erhielt man folgende Zahlen:

	Membranen.	Flüssigkeit.	Verhältniss.
1)	6,847	7,874	= 1,15
2)	6,333	7,319	= 1,15
3)	6,894	6,841	= 0,99
4)	6,337	6,500	= 1,02
5)	6,330	6,645	= 1,04
6)	6,898	7,496	= 1,08

Nach den bei den Diffusionsversuchen gefundenen Thatsachen hätte man erwarten sollen, dass bei der Imbibition für ein Gemenge von zwei Salzen die gleichen Verhältnisse sich zeigen würden. Allein hier haben wir eine *Störung* durch das Gemenge. Das Dichtigkeitsver-

hältniss des Kochsalzes bleibt unverändert im Gemenge, hingegen das Dichtigkeitsverhältniss des Glaubersalzes ist dadurch verändert, und zwar vermindert worden. Jedenfalls hat das Kochsalz einen Einfluss darauf; denn je mehr Kochsalz im Gemenge ist, desto geringer fällt die Verhältnisszahl für das Glaubersalz aus. Dass keine Beobachtungsfehler an dieser Abweichung Schuld sein können, dafür spricht die Uebereinstimmung der einzelnen Versuche unter einander.

Die interessanten theoretischen Folgerungen, die sich aus diesen Versuchen ergeben, werden in einer andern Abhandlung niedergelegt werden; dagegen will ich einige für den Arzt nicht uninteressante Anwendungen unserer Resultate auf den Organismus anführen.

Es wird begreiflich, warum aus einer Flüssigkeit, die verschiedene Salze enthält, verschiedene Mengen diffundiren. Die grosse Diffusionsgeschwindigkeit des Kochsalzes erklärt das Vorwiegen des Kochsalzes in unsern Secreten, und die Leichtigkeit, womit das Kochsalz gegenüber von andern Salzen vom Blute aufgenommen wird. Die verschiedenen Diffusionsaequiv. erklären es, warum man das Kochsalz nicht als Abführmittel brauchen kann, hingegen das Glaubersalz, das der Blutflüssigkeit bedeutend mehr Wasser entzieht.

Die Imbibitionsversuche zeigen, dass die Membranen in der That ein Vermögen besitzen, das die alten Aerzte mit dem Namen des Wahlvermögens bezeichnen; denn das Kochsalz drückt bei der Imbibition das Glaubersalz herunter, ohne sein eigenes Aufnahmeverhältniss zu ändern. Daraus wird es erklärlich, wie ohne alle chemische Zersetzung, bloss durch die Gegenwart eines

Stoffes, ein anderer vom Blute aufgenommen zu werden, verhindert werden kann.

Dass der Unterschied zwischen lebenden und todtten Membranen nicht gar gross sein kann, beweisen die Untersuchungen von Donders und Moleschott*), welche fanden, dass die Blutkörperchen-Membran ein ähnliches Verhalten gegen unorganische Stoffe zeige, wie die Schweinsblase; Kochsalz entzog den Blutkörperchen wenig Wasser, während die schwefelsauren Alkalien sehr viel entzogen.

Es scheint demnach unzweifelhaft, dass alle thierischen Membranen einen eigenthümlichen Membranstoff enthalten, welcher stets seine Anziehungskraft zu den Salzen geltend macht; denn die Diffusionsaequiv. von Jolly, Ludwig und mir sind doch nach einer Richtung hin übereinstimmend; obgleich Jolly die Schweinsblase benutzte, nachdem er sie mit Alcohol, Ludwig, nachdem er sie bloss mit Wasser behandelt, und ich den Herzbeutel benutzte.

*) Physiologie des Stoffwechsels, S. 41.

Thesen.

1. Osteomalacie ist eine Periostitis.
 2. Der phlebitische Pfropf ist ein Exudat der Venenwandung.
 2. Lebercirrhose entsteht nach vorhergegangener Exudation ins Lebergewebe.
 4. Es gibt keinen Muskeltonus.
 5. Der Erstickungstod, der nach Durchschneidung beider Vagi eintritt, rührt von den beschleunigten Herzkontraktionen her.
 6. Die Uterussonde ist kein Heilmittel.
-

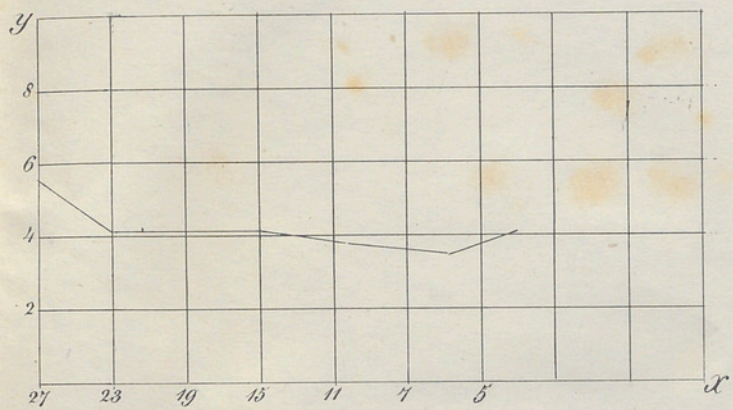
Erklärung der Fig. 1.

Das schräg schraffierte bezeichnet Blech.
Das parallel schraffierte bezeichnet Wasser.
Was nicht schraffirt ist, bezeichnet Glas.

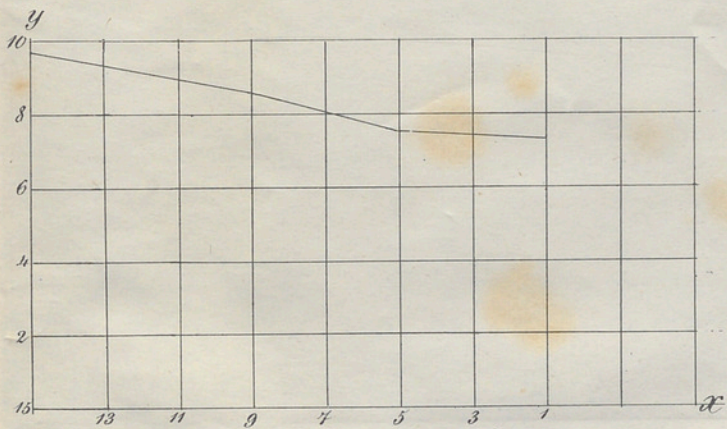
Erklärung der Ehe

Ich, *[Name]*, erkläre hiermit, dass
ich die Ehe mit *[Name]* eingegangen bin
und diese Ehe nicht geschieden ist.

Curve 1.



Curve 2.



Curve 3.

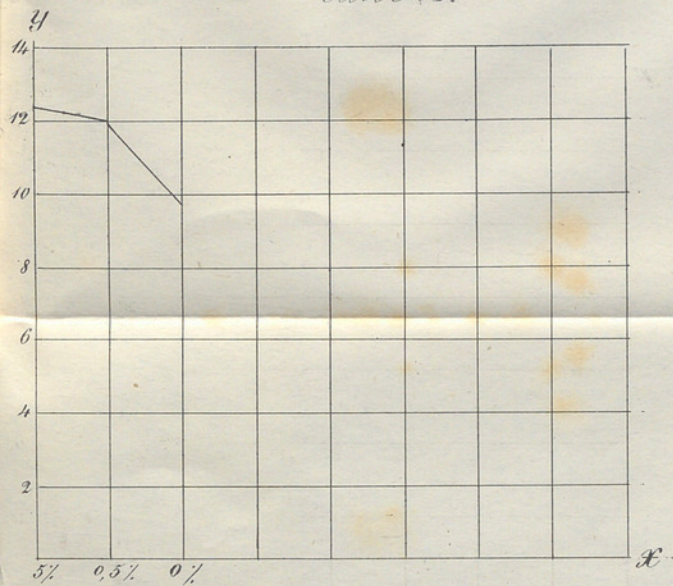


Fig. 1.

