

Ueber Endosmose.

Ich hatte die Absicht in diesem Programm eine Reihe von Versuchen zu veröffentlichen, die ich seit einiger Zeit über die Endosmose gemacht habe. Indessen als im vorigen Sommer ein jähes Schicksal so grosse Lücken in unser Lehrercollegium riss, wurden auch an meine Arbeitszeit erhöhte Anforderungen gestellt, die es mir in diesem Winter unmöglich machten an die Versuche die letzte Hand zu legen. Ich entschloss mich daher zunächst eine kurze Darstellung der historischen Entwicklung dieser nach vieler Richtung so interessanten Erscheinung voranzuschicken. Mag dies einerseits manchem Leser nicht uninteressant sein, der das Studium langer Versuchstabellen wenig lockend findet, so entspricht es auch anderseits mehr den Anforderungen, die nach der Circ. Verf. v. 17. Jan. 1866 cf. Wiese, G. a. V. I, 199 an ein Programm gestellt werden müssen.

Der erste endosmotische Versuch rührt von Nollet her und wurde 1752 in der Hist. de l'Acad. royale d. Sciences, Année 1748 veröffentlicht: ein mit Alkohol gefülltes kleines Glasgefäss wurde mit aufgeweichter Schweinsblase zugebunden und in Wasser gesetzt; nach einigen Stunden zeigte sich, dass eine Menge Wasser in das Glasgefäss gedrungen war und die Blase gespannt hatte. Stach man mit der Nadel hinein, so sprang das Wasser mehrere Fuss weit heraus. Lange blieb der Versuch unbeachtet; erst Parrot der Vater recapitulirte¹⁾ ihn (1802 u. 1811) und veranlasste dadurch Fischer die Erscheinung in den Jahren 1814 u. 15 einer methodischen Untersuchung zu unterwerfen. Die wichtigste Thatsache, die Fischer fand, war die des endosmotischen Doppelstroms: „durch eine Blase, die das untere Ende der Röhre verschliesst, welche eine wässerige Flüssigkeit enthält und in eine andere wässerige Flüssigkeit gesetzt ist, dringen stets die Flüssigkeiten hindurch und zwar die äussere ebensowol zu den innern, als die innere zu den äusseren, so lange bis das Gleichgewicht beider Flüssigkeiten hergestellt ist.“ Weder das spec. Gewicht, noch der höhere Stand der Flüssigkeiten noch die Beschaffenheit der Blase sind auf das Qualitative der Erscheinung von Einfluss. Bei all seinen Versuchen beobachtet Fischer merkwürdiger Weise eine Niveauveränderung nicht. Eine solche zeigt sich ihm erst, wenn er in einer bestimmten Combination eine Metalllösung

in Wasser diffundiren lässt, in das er einen Metallstab gestellt hat. So bei Kupferlösung und einem Eisenstab, bei Silberlösung und einem Kupferstab u. s. w., nicht aber z. B. bei Silberlösung Silber, Bleilösung Kupfer. Die letzteren Thatsachen erscheinen ihm wenig auffallend: er hält sie einfach für eine Folge der chemischen Anziehung des Metalls und der Flüssigkeit. Eine Erklärung des Doppelstroms aber giebt er nicht, denn ihn auf die Capillarität zurückzuführen hält er sich nicht berechtigt, da Versuche mit engen Röhren ihm gezeigt haben, dass sich alsbald das hydrostatische Gleichgewicht herstellt. Doch schon im Jahre 1827 hat er beide Irrthümer aufgegeben und sich vollständig der Erklärung von Magnus angeschlossen. Denn mittlerweile war auch dieser veranlasst durch die Versuche Fischers und durch eigne Betrachtungen der Erscheinung näher getreten. Ihm gebührt das Verdienst der erste gewesen zu sein, der die Capillarität als eine wesentliche bei der Endosmose wirksame Kraft erkannte.

Leicht gelang es ihm die Unrichtigkeit der Ansicht Fischers nachzuweisen. Er zeigte vielmehr, dass das Ansteigen dann einträte, wenn auf beiden Seiten der Blase Flüssigkeiten von verschiedener Concentration sich befänden, und dass mit dem Aufhören des Unterschiedes auch sie ihr Ende erreiche.

Zufällig hatte gerade um diese Zeit in Frankreich auch Dutochet Versuche über die Endosmose gemacht und war zu ähnlichen Resultaten gelangt. Aber auch er konnte sich ebenso wie Anfangs Fischer nicht dazu entschliessen die Erscheinung aus der Capillarität abzuleiten; er behauptete vielmehr sie sei eine Wirkung der Electricität. Für diese Ansicht fand er in der Akademie Bundesgenossen und Gegner. Ampère leugnete direct, dass die Capillarität ähnliche Erscheinungen hervorrufen könne. Poisson widersprach dem. Er wies nach, dass man nach allgemeinen mechanischen Gesetzen sehr wol im Stande sei die Endosmose aus der Capillarität zu erklären. Denn es sei, sagt er, eine verticale Scheidewand zwischen zwei Flüssigkeiten an irgend einer Stelle durch eine capillare Oeffnung durchbrochen, so wird von beiden Seiten die Flüssigkeit in sie eindringen. Nur für den ungewöhnlichen Fall nun, dass die Capillarität auf beiden Seiten gleich ist, wird die Luft zwischen den Flüssigkeiten in Ruhe bleiben. Sobald aber die Kraft an einen Ende des Kanals überwiegt, wird die Luft nach dem entgegengesetzten Ende getrieben; die eine Flüssigkeit wird den Kanal füllen und sich mit der andern mischen, so lange bis der überwiegende Druck der Anziehungskraft der Flüssigkeiten das Gleichgewicht hält.

Von allem diesem erfuhr Magnus, als er mit seinen Versuchen beschäftigt war. Seine Resultate stimmten mit denen von Dutochet überein, in der Erklärung aber ging er seinen eigenen Weg. Während nämlich Poisson in der verschiedenen Anziehungskraft der einen Flüssigkeit auf die Theilchen der andern den Grund des Ansteigens sah, führte Magnus einen neuen Begriff ein, nämlich den der verschiedenen Geschwindigkeit und Leichtigkeit, mit der die Flüssigkeiten die Capillarröhren durchströmen. Ebenso wie Wasser leichter durch eine Capillarröhre fließt als z. B. Quecksilber, so gelingt es auch dem Wasser leichter durch die

kleinen Oeffnungen zu kommen, als den mehr oder weniger concentrirten Flüssigkeiten, deren Theilchen durch eine grössere Cohäsionskraft zusammengehalten werden.

Beide Erklärungsversuche geben zu mancherlei Bedenken Veranlassung. Magnus ist zu der wunderlichen Annahme gezwungen, dass in jeder kleinen Röhre immer nur die eine Flüssigkeit sich befindet, und gegen Poisson wendet sich Dutrochet selbst mit der gegründeten Bemerkung, seine Erklärung ergäbe nur einen Strom in der Richtung der stärker anziehenden Flüssigkeit, während doch die Beobachtung zwei ungleiche Ströme mit verschiedener Richtung erkennen liesse. Uebrigens setzte Dutrochet den Kampf für seine Hypothese noch bis zum J. 1833 fort. Erst dann kam er zu der Ueberzeugung, dass die Electricität bei der Endosmose eine secundäre Erscheinung sei und trat in das Lager der Gegner über.

Bei dieser Lage der Dinge wird man sich nicht wundern, dass Brücke im J. 1842 als er seine neue Erklärung veröffentlichte, den einfachen Satz aussprechen konnte, er habe keine fremde Theorie zu widerlegen, da er keine vorgefunden, denn auch das, was in der Zwischenzeit erschienen, konnte und wollte auf ein solches Verdienst keinen Anspruch machen.

Zunächst hatte Wach in Halle eine von Schweigger gestellte Preisfrage beantwortet.²⁾ Er hatte aber seine Aufmerksamkeit besonders auf die durch Reduction bei der Endosmose entstehende Metallvegetation gerichtet und hierbei zwar sehr interessante aber für das Wesen der Erscheinung nicht eben wichtige Resultate gefunden. Schätzbarer waren die Versuche von Jerichau, dessen von Oersted an Poggendorf übersandte Abhandlung den von der Kopenhagener Univ. für Arbeiten aus der Experimentalphysik ausgesetzten Preis erhielt. Jerichau fand, dass ein Quecksilbertropfen in einer engen Röhre die Membran ersetzen könne, da der Zwischenraum zwischen Quecksilber und Glas ähnlich wirke, wie die Capillarröhren in der Blase. Ein sehr hübsches Mittel hatte er, um die spec. Gewichte während der Endosmose zu verfolgen. Er stellte Lösungen von spec. Gew. 1.078, in denen ein Stückchen Bernstein von derselben Dichtigkeit schwebte. Aus dem Steigen und Sinken des Bernsteins konnte er dann sehen, ob das spec. Gew. zu- oder abgenommen hatte. Dabei fand er das bemerkenswerte Resultat, dass sich bei Zucker- und Kochsalzlösung die Dichtigkeiten während des Versuchs bisweilen ändern und sich erst am Ende desselben wieder ausgleichen.

Auch er hält wie seine Vorgänger den Doppelstrom bei der Endosmose für das wesentliche, die Volumvermehrung hingegen mehr für zufällig. Nicht so Brücke. Das erstere erscheint ihm nicht eben als auffallend, merkwürdig und der Erklärung bedürftig ist ihm nur der letztere Punkt, und auf ihn richtet sich vor allem seine Theorie, der, wie es scheint, folgender Gedankengang zu Grunde liegt: Die Volumenvermehrung, die sich in der Röhre zeigt, muss schon in der Membran vorbereitet werden. Schon in ihr muss von der einen Flüssigkeit mehr vorhanden sein, als von der andern. Die Ursache des Aufsaugens ist die Anziehungskraft der Membran. Diese muss daher auf die eine Flüssigkeit stärker wirken als auf die andre. Wenn aber die Wandung der Capillarröhre die eine Flüssigkeit stärker anzieht

als die andre, wie werden sich dann in der Röhre die Flüssigkeiten lagern? Offenbar so, dass unmittelbar an der Wandung die stärker angezogene Flüssigkeit allein sich befindet, in der Mitte aber eine Mischung beider. Dies genügt aber in der That um die Volumvermehrung zu erklären. Denn wenn die Wandschicht einer Röhre vom Radius r die Dicke n hat, so wird bei einer Geschwindigkeit der Molecüle = c in der Zeit t die Menge $t c n (2rn - n^2)$ hindurch fließen. Nimmt man nun an, dass in der Mitte Strom und Gegenstrom gleich ist, und zwar jeder = $\frac{1}{2} t c \pi (r - n)^2$, wo c wieder die Geschwindigkeit bedeutet, so ist der Strom in der einen Richtung = $t c \pi (2rn - n^2) + \frac{1}{2} t c \pi (r - n)^2$ und in der andern bloß $\frac{1}{2} t c \pi (r - n)^2$. Dabei verschlägt es nichts, ob man annimmt, dass die Mittelschicht überall gleiche Mischung zeigt, oder ob man vorzieht die Concentration allmählich von der Wand bis in die Mitte zunehmen zu lassen. Denn im letzteren Falle kann man das Innere der Röhre in unendlich dünne Ringe teilen, die gleiche Mischung haben: dann ist das Resultat dasselbe. Entscheidend ist in beiden Fällen, dass die Wandschicht lediglich durch die eine Flüssigkeit gebildet wird. Es fragt sich nun weiter, ob man die Theorie durch ein Experiment beweisen kann. In der That ist dies Brücke bei Terpentinöl und Baumöl gelungen: von diesen Flüssigkeiten ist bekannt, dass die erstere die letztere verdrängt, wenn man von beiden einen Tropfen auf Glas bringt. Brücke trennte sie durch einen capillaren Zwischenraum zwischen zwei Glasplatten. Der Versuch war so eingerichtet, dass die Flüssigkeit in einer communicirenden Röhre sinken musste. Statt dessen stieg sie um 0,6 mm. Uebrigens gelang Brücke der Versuch nur bei diesen beiden Flüssigkeiten, bei andern z. B. Alkohol und Wasser traten Störungen ein, die eine genaue Beobachtung unmöglich machten.

Indem Brücke so die verschiedene Anziehung der Membran zu den Flüssigkeiten zur Grundlage seiner Theorie machte, betrat er damit einen Weg, den Liebig weiter verfolgte in seinen gehaltreichen Untersuchungen über Säftebewegung (vergl. Endosmose im Handw. d. Chemie Bd. 2). Liebig giebt zunächst einige interessante Versuche über die Porosität der Membrane. Eine schräg gebogene Röhre verschliesst er am einen Ende durch eine Blase alsdann giesst er die zu untersuchende Flüssigkeit hinein und oben darauf Quecksilber. Es zeigt sich, dass bei einer gewissen Höhe der Quecksilbersäule die ganze Oberfläche der Blase sich mit feinen Tröpfchen bedeckt, die bei stärkerem Druck sich zu grösseren Tropfen vereinigen und dann unausgesetzt abfließen. Salzwasser, fettes Oel, Alkohol u. s. w. verhalten sich dem Wasser völlig gleich, nur ist der zum Filtriren nöthige Druck bei ihnen verschieden denn dieser ist ausser von der Dicke der Blase auch von der chemischen Natur der Flüssigkeit abhängig. So fliesst durch eine Ochsenblase von $\frac{1}{16}$ Linie Dicke

Wasser unter einem Druck von..... 12 Zoll Quecks.,
 gesättigte Kochsalzlösung unter einem Druck von 18–20 Z. Q.,
 Knochenöl unter einem Druck von 34 Z. Q.,
 Alkohol unter einem Druck von mehr als..... 36 Z. Q.;

durch die Oberhaut einer Ochsenleber von $\frac{1}{20}$ Linie Dicke fließt

| | | |
|---------|-----------------------|-------------|
| Wasser | unter einem Druck von | 8—10 Z. Q., |
| Salzw. | „ „ „ „ | 12—16 „ „ |
| Oel | „ „ „ „ | 22—24 „ „ |
| Alkohol | „ „ „ „ | 36—40 „ „ |

Aus diesen Versuchen erhellt, dass die Filtrirbarkeit einer Flüssigkeit mit der Beweglichkeit ihrer Theilchen nicht im Verhältniss steht, denn der am leichtesten bewegliche Alkohol fließt am schwersten durch. Aehnlich verhält es sich aber zweitens auch mit der Benetzbarkeit und dem Absorbtionsvermögen. Von den verschiedenen Flüssigkeiten werden durch die thierischen Membran ganz verschiedene Mengen aufgesogen. So nahmen 100 Teile Ochsenblase in 24 Stunden von

| | | |
|------------------------|-------|----------|
| reinem Wasser | ..... | 268 Vol. |
| Kochsalzlösung (1.204) | ..... | 133 „ |
| Alkohol (84 pCt.) | ..... | 38 „ |
| Knochenöl | ..... | 17 „ |

Ebenso 100 Gewichtsteile Ochsenblase in 48 Stunden von

| | | |
|-----------------------------------|-------|----------|
| reinem Wasser | ..... | 310 Gwt. |
| Salzwasser + $\frac{1}{2}$ Wasser | ..... | 219 „ |
| do. + 1 do. | ..... | 235 „ |
| do. + 2 do. | ..... | 288 „ |
| Alkohol + 1 do. | ..... | 60 „ |
| do. + 2 do. | ..... | 181 „ |
| do. + 3 do. | ..... | 290 „ |

Ein Blick auf diese Tabelle zeigt, dass die Capacität der Blase für Wasser stärker ist als für Salzwasser und Alkohol, und dass sie mit dem Wassergehalt wächst und zwar in einem stärkern Verhältniss. Ein genaues Gesetz über diese Beziehungen aufzustellen hat Liebig nicht versucht. Dagegen wendet er sich jetzt zu der Endosmose selbst und zwar stellt er zunächst die Rolle fest, die das spec. Gew. bei der Endosmose spielt. Zwei interessante Versuche geben darüber Aufschluss. In eine Uförmige Röhre wird eine andere geleitet, die mit einer Blase verschlossen ist; dann wird in die erstere Salzwasser in die letztere Wasser gethan. Eine von den beiden Flüssigkeiten wird nun gefärbt. Ist es das Wasser, so lagert sich nach einiger Zeit am Boden der oberen Röhre eine Schicht ungefärbten Salzwassers; ist es die letztere so beobachtet man unterhalb der Blase über dem Salzwasser eine Schicht ungefärbten Wassers. Dabei steigt anfangs das Salzwasser um ein paar Linien. Haben sich aber die Schichten gebildet, so dauert zwar die Mischung fort, aber das Steigen ist kaum noch bemerkbar. Daraus folgt erstens die Existenz eines Doppelstroms und zweitens, dass eine Verzögerung der Endosmose eintritt, wenn die leichtere Flüssigkeit sich oben befindet, so dass sich unmittelbar über und unter der Blase Schichten von nahezu gleichem spec. Gewichte bilden können.

Für die Erklärung der Endosmose schliesst sich Liebig nicht der Brücke'schen Auffassung an, sondern er legt die von ihm nachgewiesene Verschiedenheit der Absorption der Flüssigkeiten seiner Auseinandersetzung zu Grunde. Giesst man auf ein mit Wasser gesättigtes Stück Blase Alkohol, so schrumpft sie zusammen. Es tritt etwas von der Flüssigkeit aus, da nur so viel zurückbleibt, als der Anziehung der Blase zu dem verdünnten Alkohol entspricht; ebenso ist es wenn man Salzkörner auf die gesättigte Blase legt. Das eingesogene Wasser hat die Gefässwände auseinander gedrückt, die Blase ist aufgequollen. So wie die Anziehungskraft zwischen Blase und Flüssigkeit geringer wird, treibt die Elasticität der Wände so viel von dem Wasser heraus, dass das Gleichgewicht zwischen beiden Kräften wiederhergestellt ist. Aehnlich ist es wenn zwei Flüssigkeiten durch die Blase getrennt werden. Die Ursache der Mischung ist die chem. Verwandtschaft der Salz- und Wasserteilchen. Aber in Folge der Unterschiede der Anziehung der Flüssigkeiten zur Substanz der Blase wird ein Teil der Mischung aus den Poren der Blase verdrängt, die salzärmere nimmt den Ort der salzreichen ein, von der letzteren tritt ein Teil aus und mit demselben eine gewisse Menge von demjenigen Wasser, welches sich der äussersten Schicht durch Mischung hinzugefügt hat, es fliesst Wasser und Salzwasser nach der Seite hin aus, wo sich ihrem Austreten der geringste Widerstand entgegengesetzt, also dahin, wo das Wasser ist. Wenn auf der einen Seite der Blase das ausgetretene Salzwasser hinweggenommen und an dessen Platz concentrirtes gebracht, und ebenso auf der andern Seite das verdünnte weggenommen und durch noch verdünnteres ersetzt wird, so wiederholt sich derselbe Vorgang: es entsteht eine bleibende Differenz und es stellt sich so lange ein dauernder Zustand der Mischung und des Ueberfliessens ein, bis die Flüssigkeiten auf beiden Seiten eine gleiche oder nahe gleiche Zusammensetzung haben. Uebrigens lässt sich der Druck, der das Wasser heraustreibt, aufheben. Liebig zeigt, dass das Gewicht einer kleinen Quecksilbersäule hinreicht, um die Volumenänderung aufzuheben; die Mischung dauert dann nichtsdestoweniger fort. Für den ersten Anblick hat diese Erklärung etwas bestechendes, allein bei näherer Ueberlegung zeigt sich bald, dass sie nicht völlig befriedigt. Denn wenn auch leicht einzusehen ist, wie die Lösungsschichten ausserhalb der Blase ersetzt werden können, so ist doch schwer verständlich wie z. B. das concentrirte Salzwasser gegen die Richtung des Druckes in die Blase eindringen kann. Schon Ludwig hebt dies hervor, indem er hinzufügt, die Liebig'sche Erklärung sei im wesentlichsten nichts anderes, als die durch die Thatsachen widerlegte Theorie Poissons.

Eigene Versuche zur quantitativen Bestimmung des Endosmose teilt Liebig nicht mit, er giebt aber einen Apparat an, der eine etwas genauere Messung erlaubt. Fischer und Magnus hatten sich bei ihren Versuchen einer einfachen Röhre bedient, die in beliebiger Höhe des weitem Glasbehälters befestigt werden konnte. Bei Dutrochet war die Röhre unten weiter und der obere engere Teil war genau calibrirt. So konnten sehr viel kleinere Niveaudifferenzen gemessen werden. Liebig nun gab einen Apparat an, der aus zwei calibrirten

correspondirenden Röhren bestand, so dass sich nicht nur das Steigen der Flüssigkeit in der einen, sondern auch das Sinken in der andern beobachten liess.

Doch auch dieser Apparat hatte noch Fehlerquellen, die beseitigt werden konnten und das geschah im Jahre 1848 durch Vierordt. Dieser machte besonders auf einen Punkt aufmerksam. Wenn die Blase auf beiden Seiten von Flüssigkeiten umgeben ist, so wird sie von jeder einen bestimmten Druck erfahren, der aber nur dann auf beiden Seiten gleich ist, wenn die correspondirenden Höhen sich umgekehrt wie die spec. Gewichte verhalten. In jedem andern Falle wird die eine Flüssigkeit stärker drücken, und die Blase wird, da sie bis zu einem gewissen Grade nachgiebt, eine convexe Oberfläche bekommen. Ist sie nun der calibrirten Röhre gegenüber einigermaßen gross, so wird eine geringe Einbiegung schon eine beträchtliche Niveaudifferenz ergeben. Das Resultat des Versuchs ist demnach bedeutend getrübt. Vierordt construirte nun einen Apparat, bei dem er die Verschiebung durch Stifte, die an beiden Seiten der Blase angebracht waren, erkennen und durch Anwendung eines erhöhten Druckes ausgleichen konnte. Seine Versuche sind demnach beträchtlich genauer als die seiner Vorgänger. Diejenigen, die er mittheilt, beziehen sich auf verschieden concentrirte Lösungen. Sie bestätigen das schon bekannte Resultat, dass mit dem Unterschiede der Concentration die Volumänderung wächst.

Indessen kaum hatte diese Art der Messung durch solche Verbesserungen den höchsten Grad von Genauigkeit erreicht, als sie auch schon durch eine andere ersetzt wurde, die bestimmt war ein ganz neues Licht auf die Erscheinung zu werfen, namentlich aber weit exactere Resultate zu liefern. Es geschah dies im Jahre 1848 durch Jolly in seinen berühmten „Experimentaluntersuchungen über Endosmose“. Die Einwendungen, die Jolly gegen die ganze Art der Messung durch das Endosmometer macht, sind gegründet genug. Denn erstens giebt das Instrument bei gleichen und entgegengesetzten Strömen gar kein Resultat und zweitens können die in gleichen Zeiten erfolgten Niveaudifferenzen weder ein Mass für die Endosmose verschiedener Stoffe sein, noch können sie bei demselben Stoff den Einfluss der Dichtigkeit zeigen. Denn die Geschwindigkeit, mit der der Vorgang sich vollzieht, ist bei verschiedenen Stoffen sehr verschieden, namentlich aber von der Dichtigkeit abhängig. Darum kann, sagt Jolly, wenn die Versuche richtig sind, aus ihnen über das Verhältniss der Concentration zur Volumänderung grade das nicht folgen, was man aus ihnen schliesst. Aber vielleicht gelingt es auf andern Wegen zu gesunden Resultaten zu gelangen. Die Erscheinung mit der wir es zu thun haben ist durchaus complicirt; die Aenderung der Volumina hängt von sehr vielen Umständen ab: Sie wird beeinflusst von der Beschaffenheit des gelösten Körpers, von der Dichtigkeit der Lösung, von der Dauer des Versuchs und von den Quantitäten der getrennten Flüssigkeiten. Dabei wird noch vorausgesetzt, dass für eine gleich bleibende Beschaffenheit der Zwischenwand, der Temperatur und des Druckes Sorge getragen wird. Offenbar wird nun eine grössere Einfachheit des Versuchs dadurch erreicht, dass wenigstens auf der einen Seite der Membran die Flüssigkeit in einem gleichförmigen Zustand

erhalten wird. Und das lässt sich unschwer erreichen. Man hat nur nöthig das destillierte Wasser in dem Gefäss öfter zu erneuern. Dies war der eine wesentliche Fortschritt, den Jolly machte; ein zweiter noch bedeutenderer bestand darin, dass er, statt die Volumina zu messen die Gewichts-differenzen der innern Röhre bestimmte. Man beachte wie einfach sich nunmehr der Versuch stellt: Ein bestimmtes Gewicht des zu untersuchenden Körpers wird in die innere Röhre gethan und bei stets erneuertem äusserem Wasser so lange der Endosmose unterworfen, bis das Gewicht der Röhre constant bleibt, d. h. bis der Körper durch das Wasser vollständig ersetzt ist. Erst jetzt lässt sich die Frage stellen: folgt die Endosmose einem einfachen Gesetz, d. h. tritt für die Gewichtseinheit des gelösten Körpers bei derselben Membran jedesmal dieselbe Quantität Wasser über, oder geschieht dies nicht? Jolly hat zahlreiche Versuche gemacht zur Beantwortung der Frage, und er glaubt den Satz aussprechen zu können: die endosmotischen Aequivalente sind constant, d. h. für die Einheit der gelösten Substanz tritt unter sonst gleichen Verhältnissen jederzeit dieselbe Menge Wasser durch die Membran. Damit man sich selbst überzeugen kann, wie weit Jolly zur Aufstellung dieses Gesetzes berechtigt war, lasse ich hier die Tabelle seiner Versuche für Koch- und Glaubersalz folgen:

| Nr. der Membran. | Gewicht des Stoffes im Anfang des Versuchs. | Gewicht des zur Lösung dienenden Wassers. | Endosmotische Aequivalente. | Temperatur. |
|---------------------|---|---|-----------------------------|-------------|
| Kochsalz. | | | | |
| 1 | 2.4 | 0 | 4.316 | — |
| 1 | 2.0 | 6.6 | 4.58 | — |
| 2 | 2.0 | 0 | 3.981 | — |
| 2 | 4.8 | 0 | 3.820 | — |
| 10 | 0.741 | 4.325 | 4.352 | — 0.34 °R. |
| 11 | 1.139 | 4.092 | 4.092 | + 0.52 |
| Glaubersalz. | | | | |
| 5 | 0.2816 | 4.0414 | 12.44 | + 9 |
| 7 | 0.4066 | 34.1924 | 12.023 | + 5 |
| 7 | 1.152 | 0 | 11.033 | + 0.24 |
| 6 | 0.344 | 4.942 | 11.066 | + 0.45 |
| 1 | 0.3816 | 0.4804 | 11.581 | + 3.58 |

Mit solchen rein experimentellen Nachweis begnügte sich indessen Jolly nicht. Es giebt in der Physik zwei Arten ein Gesetz abzuleiten: durch Versuche und durch Rechnung. Bei der letztern stellt man über die zu erforschende Erscheinung irgend eine Hypothese auf, drückt diese durch eine Formel aus und untersucht dann, ob die durch Rechnung gewonnenen Resultate mit den Experimenten übereinstimmen. So macht es auch Jolly. Er nimmt an, dass die

Menge des durchtretenden Stoffes der Grösse der Membran und der Dichtigkeit der Lösung proportional ist. Das erste ist für eine homogene Membran selbstverständlich, und über das zweite sagt Jolly selbst: Von der Dichtigkeit der Lösung hängt die Menge des Stoffes ab, die mit der Membran unmittelbar in Berührung ist, daher auch die Menge, die bei eben dieser Dichtigkeit von der Blase resorbirt wird. Wird die Dichtigkeit (d) der Lösung zweimal grösser, so wird wahrscheinlich auch die von der Blase resorbirte Menge des gelösten Stoffes zweimal grösser sein, und in Folge hiervon wird auch ein zweimal grösserer Austausch der Stoffe eintreten. Dies ist, so wie ich es hier ausspreche, nur eine Voraussetzung, für die weiter nichts spricht als ihre Einfachheit.“ In der That einfach genug ist die Hypothese, und innerhalb gewisser Grenzen ist man geneigt ihre Richtigkeit zuzugeben; bedenklich bleibt nur, dass die naheliegende Vermuthung eines Aufsaugungsmaximums in ihr keinen Ausdruck findet. Indessen „sollte sich ergeben, dass gestützt auf diese Hypothese die in bestimmten Zeiten übertretenden Mengen der Stoffe sich bestimmen lassen, und sollten eben diese theoretischen Bestimmungen mit den Resultaten der Rechnung übereinstimmen, so wird man dies als einen der besten Beweise für die Richtigkeit der Voraussetzung betrachten dürfen.“ Wie lautet nun die Formel? Es ist die in der Zeit t übertretende Menge Stoff $x = \alpha d f t$, wo f die Fläche, d die Dichtigkeit, und α eine unbekannte Grösse ist, die den Einfluss der Membran auf die getrennten Stoffe bezeichnet. Nun ist d eine variable Grösse. Ist am Anfang des Versuches a die Menge Stoff, n das Lösungswasser, so ist $\frac{a}{n}$ die Dichtigkeit; ist aber nach der Zeit t eine Menge x des Stoffes übergetreten und durch βx Wasser ersetzt, wo β das endosmotische Aequivalent bezeichnet, so wird die Dichtigkeit $\frac{a-x}{n+\beta x}$ und da diese für ein Zeitdifferential constant bleibt, so ergibt sich die Gleichung $d x = \alpha \cdot f \cdot \frac{a-x}{n+\beta x} d t$ und deren Integral zwischen den Grenzen 0 und a_1

$$t \alpha f = (n + \beta a) \log. \text{ nat. } \frac{a}{a - a_1} - \beta a_1$$

Aus dieser Gleichung lässt sich, da α unbekannt ist, der absolute Werth von t nicht bestimmen, wol aber der relative. Denn hat man während eines Versuches für die Zeit t_1 die übergetretene Menge Stoff $= A_1$ gefunden, für t_2 A_2 u. s. w. so verhält sich $t_1 : t_2 \dots = A_1 : A_2 \dots$. Jolly teilt über diesen Punkt eine Reihe von Versuchen mit; bei dem ersten ergibt sich z. B.

für $t = 16.25 \quad 23.75 \quad 40.5 \quad 64.75 \quad 89.25 \quad 112.25$ Stunden.

„ $A = 3.299 \quad 4.803 \quad 7.678 \quad 11.667 \quad 15.997 \quad 20.301$

Das Verhältniss von $t_1 : t_2 \dots$ ist demnach

aus der Rechnung $= 1 : 1.456 \quad 2.327 \quad 3.545 \quad 4.849 \quad 6.156$

aus der Beobachtung $= 1 : 1.461 \quad 2.472 \quad 3.984 \quad 5.492 \quad 6.907$

Man sieht, die Uebereinstimmung ist gross genug und man wird zugeben, dass Jolly berechtigt war in ihr eine Bestätigung des von ihm gefundenen Gesetzes zu finden. Jetzt blieb ihm nur noch übrig die Erscheinung aus allgemeinen Grundsätzen zu erklären und dies thut er

am Schluss der Abhandlung auf folgende Art: Nimmt man an, es dient eine Blase zur Trennung von Kochsalz und Wasser, so wird sie von jedem der Stoffe in sich aufnehmen; die Menge des Kochsalzes aber wird abhängig sein von der Dichtigkeit der Lösung. „Dieser so mit zwei Stoffen impregnierten Blase wird auf der einen Seite durch das Kochsalz Wasser auf der andern durch das Wasser Kochsalz entzogen, jedoch in ungleichen Mengen, weil die resorbirten Stoffe in ungleichen Mengen in der Blase enthalten sind, und die Resultirende aller Molecularanziehungen der gelösten Salztheile gegen das resorbirte Wasser verschieden ist je nach der Dichte der Lösung. Nimmt man an, diese Resultirende sei proportional der Dichtigkeit der Lösung, so folgt hieraus, dass das Verhältniss der sich austauschenden Stoffe für alle Grade der Dichtigkeit der Lösung dasselbe ist, denn wird etwa die Dichtigkeit der Lösung zweimal geringer, so wird auch die resorbirte Salzmenge zweimal geringer, das Wasser entzieht also der Blase zweimal weniger Salz. Ebenso entzieht aber die Lösung von zweimal geringerer Dichtigkeit der Blase zweimal weniger Wasser. Daher die endosmotischen Aequivalente.“ Ludwig macht über diese Erklärung folgende treffende Bemerkung: „Denken wir uns Salz und Wasser aufeinander geschichtet, so könnte man ohne Gegenwart der Blase bei beginnender Diffusion des Salzes die Menge desselben in den verschiedenen Flüssigkeitsschichten umgekehrt proportional der Entfernung setzen. Fügt man nun eine Blase ein, so würde durch dieselbe vielleicht das Verteilungsgesetz dahin abgeändert, dass die Menge des enthaltenen Salzes in einem andern etwa quadratischen Verhältniss der Grösse der Entfernung umgekehrt proportional wäre. Ist dieses in der That der Kern von Jollys Behauptung, so erscheint hierdurch auch wol eine Verlangsamung der Mischung, aber keine ungleiche Menge des übertretenden möglich; denn im Innern der Blase wird allerdings durch die Resultirende aus den öfter genannten Anziehungen (der Blase, des Wassers und des Salzes) bei gleichen Verhältnissen eine bestimmte Mischung aufrecht erhalten, man sieht aber nicht ein warum mehr Wasser ein- und Salzwasser austreten soll, um das gestörte Gleichgewicht wiederherzustellen. Diese Hypothese erhält erst dann Erleuchtungskraft, wenn man ein Zerfallen der Flüssigkeit in der Blase nach Lösungsäquivalenten (Verhältnisszahlen des lösenden Wassers und gelösten Salzes) annehmen dürfte, es müsste sich dann allerdings die Menge des auf der Salzseite austretenden Wassers nach der Menge des in der Blase enthaltenen richten, und es würde allerdings das endosmotische Aequivalent dem Procentgehalt der Lösung in der Membran in irgend einem bestimmten Verhältniss umgekehrt proportional sein. Grade aber die Thatsachen von Jolly und mir widerlegen eine solche Voraussetzung.“

Diese Bemerkungen von Ludwig erschienen schon im nächsten Bande von H. u. Pf. Zeitschrift. Jollys Arbeit hatte nicht geringes Aufsehen gemacht. Es schien, als ob jetzt endlich diese schon so lange ventilirte Frage entschieden sei: entschieden nach beiden Methoden, die der Physik zu Gebote stehen: durch Rechnung und Experiment. Doch nicht allein gegen die Theorie Jollys richteten sich die Angriffe Ludwigs: er wies auch nach, dass das Gesetz selbst wenigstens in der von Jolly aufgestellten Form nicht haltbar sei. Unter-

suchungen über den Kreislauf des Blutes hatten ihn dieses Weges geführt, und sogleich die Bestimmung des so wichtigen endosmotischen Aequivalents der innern Arterienhaut hatte ihm Thatsachen geliefert, die mit der Jollyschen Fundamentalanschauung nicht harmonirten. Es schien ihm deshalb geboten die Jollyschen Versuche zu wiederholen, und er that dies mit bewunderswerter Gründlichkeit und Genauigkeit. Die Abhandlung enthält 66 Versuche mit Glaubersalz und 40 mit Kochsalz. Aus ihnen geht mit unwidersprechlicher Sicherheit hervor, dass das endosmotische Aequivalent keine constante, sondern eine variable, und zwar eine von dem Concentrationsgrade der Flüssigkeit abhängige Grösse ist. So lieferte bei Glaubersalz eine Lösung von 1.022 pCt. ein Aeq. von 21.6, während eine concentrirte Lösung nur auf 5.8 kam; ebenso fand sich bei einer Kochsalzlösung von 4.92 pCt. das Aeq. 1.4, bei einer concentrirten 3.5. Schon aus diesen Werthen sieht man, dass die Salze ein umgekehrtes Verhältniss zeigen; noch deutlicher zeigt sich dies, wenn man die Gesammtheit der Resultate zu einer Curve vereinigt, deren x der Procentgehalt der innern Lösung, deren y das Aequivalent bei einem bestimmten Concentrationsgrad ist. Von 0—1 pCt. sinkt die Glaubersalzcure rasch, und von 1—6 pCt. scheint sie der X-achse parallel zu sein, so dass man in diesen Grenzen y als constant betrachten kann. Beim Kochsalz hingegen hat die Curve eine grade entgegengesetzte Lage, d. h. bei einer höhern Concentration treten für kleinere Salzgrössere Wassermengen über, während für niedere Concentration der Unterschied zwischen den ausgetauschten Flüssigkeiten mehr und mehr verschwindet.

Die theoretischen Bemerkungen Ludwigs haben wir schon zum Theil kennen gelernt. Indem er die bis dahin gegebenen Erklärung der Endosmose einer kritischen Prüfung unterwirft, erscheint ihm bloß die Brückesehe Hypothese als stichhaltig und ihrer Vertheidigung dienen die interessanten Versuche am Schluss seiner Abhandlung. Ludwig meint, die Theorie Brückes enthalte bloß eine Schwierigkeit, nämlich die Annahme, dass bei Gegenwart von Salzen in einer Membran eine Schicht destillirten Wassers an den Porenwandungen liegen solle. Die von ihm angestellten Versuche ergeben in der That die Richtigkeit dieser Anschauung. Sie erfordert nämlich zweierlei: erstens muss die imbibirte Flüssigkeit geringeren Procentgehalt haben als die dünnere äussere Lösung; zweitens muss Wasser und Lösung getrennt in der Blase enthalten sein. Das erste ergibt sich aus folgenden Thatsachen: Taucht man trockene Blase in concentrirte Salzlösung, so krystallisirt Salz aus; taucht man sie in Lösungen von 7.221, 5.069, 4.995 pCt, so werden solchen von 4.43, 3.80, 3.309 imbibirt. Den Beweis für das zweite aber liefert folgender Versuch. Presst man ein mit Lösung gesättigtes Stück Blase aus, so hat die ausgepresste Flüssigkeit denselben Procentgehalt, wie die ursprüngliche Lösung. Dasselbe ergibt sich, wenn man unter starkem Druck durchfiltrirt. War z. B. in zwei Versuchen Salzwasser von 19.07 pCt. in der Druckröhre, so hatte die durchgegangene Flüssigkeit das eine Mal 19.04, das andere Mal 19.33 pCt. Nach diesen Versuchen möchte es wol keinem Zweifel unterliegen, dass in einer Membran zwei Flüssigkeitsschichten vorkommen, von denen die eine durch mechanische Mittel entfernt werden kann,

während die andere der austreibenden Wirkung der Druckkräfte Widerstand leistet. Ist einmal dies Resultat festgestellt, so erhält die genaue Beobachtung des Versuchs, bei welchem eine Membran die Krystallisation des Kochsalzes herbeiführt, besonderes Interesse. In der ersten Zeit, in welcher das Hautstück in die Kochsalzlösung gelegt wird, bleibt es vollkommen trocken, und es fliesst die Lösung wie ein Oeltropfen auf befeuchteten Flächen um die Membranstücke; erst von dem Augenblicke an, wo die Krystallbildung beginnt, wo also der Lösung schon Wasser entzogen ist, beginnt die Anfeuchtung, die aber nur langsam zu einer Durchfeuchtung fortschreitet. In Verbindung mit den frühern Beobachtungen möchte dies wol hinreichen um den scharfen Beweis zu liefern, dass in der Membran eine wässrige Wandschicht und eine salzige Mittelschicht vorkomme. Leicht begreiflich wird es aber nun wie mit der Concentration das endosmotische Aequivalent sich ändert. Es muss dieses geschehen, weil mit Abnahme der Salzmenge in der Membran das Wasser leichter den Anziehungen der organischen Substanz folgt; hiemit ändert sich der Elasticitätscoefficient und zugleich die absolute Menge der eintretenden Flüssigkeit und damit natürlich das Verhältniss der Wasser- und Salzwasserflächen an der Grenze.

Mit dieser Ludwigschen Arbeit können die theoretischen Untersuchungen über die Endosmose wesentlich als abgeschlossen betrachtet werden. Denn die Unterscheidung zwischen Poren- und Molecular diffusion — Thon- und Collodiumdaut — die Fick macht (Pogg. 92 u. 94), ist vorläufig durch thatsächliches Material zu wenig unterstützt, wenn man sie nicht mit Eckhard (Pogg. 128, 93) für ganz unwahrscheinlich erklären will. Die beiden Arbeiten auf die wir zum Schluss noch hinweisen, richten ihr Augenmerk besonders auf Feststellung des thatsächlichen Materials. Schmidt (Pogg. 103) beschränkt seine Versuche auf Glaubersalz, und zwar kommt es ihm besonders darauf an die Geschwindigkeit der Endosmose zu bestimmen in ihrer Abhängigkeit von der Concentration und der Temperatur. Das Resultat seiner interessanten Abhandlung ist Folgendes: Die Geschwindigkeit des Uebertritts des Glaubersalzes zu distrirteren Lösungen ist in jedem Augenblick unter sonst gleichen Verhältnissen proportional dem Unterschiede der Procentgehalte der dichteren und weniger dichten Lösungen; ausserdem aber unterliegt sie bei wechselnder Temperatur Veränderungen, welche durch denselben Coefficienten $1 + 0.0336793 t + 0.0001209936 t^2$ bestimmt werden, nach welchem auch die Zunahme der Ausflussgeschwindigkeit aus gläsernen Capillarröhren, so wie die Filtrationsgeschwindigkeit durch thierische Membranen berechnet wird.

Die Versuche von Eckhard zeichnen sich aus durch eine ganz ausserordentliche Schärfe und Uebereinstimmung. Als trennende Membran gebrauchte er ebenso wie Schmidt den Herzbeutel^{*)} des Rindes, der durch seine gleichmässige Structur vor allen andern geeignet erscheint, exacte Resultate zu liefern. Eckhard unterzieht den gesammten Thatbestand der Endosmose einer erneuten experimentellen Prüfung, und wenn seine Resultate auch vielfach mit den schon bekannten übereinstimmen, so ergänzen sie sich doch in nicht unwesentlichen Punkten. Das Aequivalent findet auch er unabhängig von der Temperatur und der Richtung

der Diffusion, dagegen wesentlich bedingt durch die Concentration und zwar derart, dass der Salzstrom der Concentration fast proportional ist, der Wasserstrom dagegen in stärkerem Masse wächst. In Bezug auf die Diffusionsgeschwindigkeit findet er ebenso wie Schmidt eine Abhängigkeit von der Temperatur nach der Formel $\alpha + \beta t + \gamma t^2$, aber was ihr Verhältniss zur Concentration anbetrifft, so kann er eine Proportionalität zwischen diesen Grössen nicht bestätigen.

- Im Folgenden stelle ich noch die wichtigste Literatur über die Endosmose zusammen:
- N. W. Fischer, Kritische Untersuchungen u. s. w. in den Abh. der Berl. Akad. v. d. J. 14 u. 15.
- — Ueber die Wiederherstellung eines Metalles durch Reduction u. s. w. Gilbert, Ann. 72, 289.
- — Ueber die Capillarität der Blase. Pogg. 11, 126.
- Magnus, Ueber einige Erscheinungen der Capillarität. Pogg. 10, 153.
- Poisson, Ueber die Wirkungen, die durch Capillarität u. s. w. Ann. ch. ph. 35, 98. Pogg. 11, 134.
- Dutrochet, eine ganze Reihe von Abhandlungen: Ann. ch. ph. 35, 395. 37, 191. 49, 411. 51, 159. Davon Auszüge von Poggendorf in Pogg. Ann. 11 u. 38.
- Wach, Ueber das Phänomen, welches von Dutrochet mit dem Ausdruck Endosmose und Exosmose bezeichnet wurde. Schweiger-Seidel, Jahrb. der Ch. u. Ph. 38, 20.
- Jerichau, Ueber das Zusammenströmen flüssiger Körper u. s. w. Pogg. 34, 613.
- Brücke, De diffusione humorum per tepta mortua et viva 1841. Berl. Schröder; daraus
- — Beiträge zur Lehre der Diff. tropfbar flüssiger Körper durch por. Scheidewände. Pogg. 58, 77.
- Liebig, Untersuchungen über einige Ursachen der Säftebewegung. Braunschweig 1848, S. 16–19.
- — Handwörterbuch der Chemie von Liebig. Pogg. Wöhler Art. Endosmose.
- Matteucci u. Cima, Ueber Endosmose. Ann. Ch. Ph. 13, 63. Auszug durch Brücke in Karsten, Fortschr. der Phys. I.
- Vierordt, Beschreibung eines verbesserten Endosmometers. Pogg. 73, 519.

Jolly, Experimental-Untersuchungen über Endosmose. Henle und Peuffer, Zeitschrift f. rat. Med. Bd. 7.

Ludwig, über die endosmotischen Aequivalente u. s. w. H. u. Pf. Z. Bd. 8.

Cloetta, Diffusionsversuche u. s. w. Zürich 1851.

Fick, Neue Ausstellung am Begriff des end. Acq. Pogg. 92, 333.

— Ueber Diffusion. Pogg. 94, 59.

Schmidt, Endosmose des Glaubersalzes. Pogg. 102, 122.

Eckkard, Der gegenwärtige experimentelle Thatbestand u. s. w. Pogg. 128, 61.

Eine sorgfältige Zusammenstellung des Materials von Jagielski im Progr. Gymn. Trzemeszno 1859.

Anmerkungen.

1) 1802, in seiner Abhandlung über den Einfluss der Ph. u. Ch. auf die Arzneik., und 1811, in seinem Lehrbuch der Physik. Nach ihm wurde der Versuch lange der »Parrotsche« genannt, bis Bellani nachwies, dass Nollet die Priorität gebühre. Brücke, Fortschr. d. Ph. I 26; Pogg. 63, 350. Parrot verteidigt sich gegen den Vorwurf, dass er den Namen Nollets nicht genannt Pogg. 66, 595 u. 70, 173. Er schliesst ganz entrüstet: Ich habe in der Physik genug entdeckt, um mich nicht mit fremden Federn schmücken zu müssen. Dagegen könnte ich mehr als einen berühmten Physiker nennen, der sich durch Plünderung meiner Schriften einen grossen Namen gemacht hat, ja sich die Ehre eines sehr gesuchten Fauteuil erobert. — Handschriftliche Beweise könnte ich dafür liefern. Doch — nomina sunt odiosa.

2) Die Preisfrage hatte folgenden Titel: postulatur, ut quae ad corporum lucem retinendi facultatem augendam aut minuendam faciunt in disquisitionem vocentur et specimina corporum eo consilio arte paratorum proponantur. Et quum in hoc experimentorum genere maximi momenti sit ad immixtas corporibus metallicas partes aliosque respicere electricitatis quos vocant conductores, hoc occasione oblata etiam earum rerum commendatur disquisitio, quae ad phaenomena nuperrime a Dutrocheti Endosmose et Exosmose nominata spectant. Ceterum de prima tantum aut secunda hujus quaestionis parte uberius disputasse sufficet. Dies ist nur zu verstehen mit Hülfe der Bemerkungen Schweigers: Man dachte sich, dass die Einsaugung und Auströmung des Lichtes durch Phosphor ähnliche auf elektrische Wirksamkeit deutende Verhältnisse darböte wie die Exosmose und Endosmose.

3) Welche Vorsichtsmassregeln man bei endosmotischen Versuchen beobachten muss, darüber noch folgenden Bemerkungen: Jolly beschreibt S. 94 ff. wie er die mit Blase verschlossene Röhre mit Weingeist füllt, und sie einige Tage in Wasser stellt, um sie vor Fäulniss zu bewahren. Dann fährt er fort: Das Aufbinden der Blase auf die Röhre verlangt einige Sorgfalt. Folgendes Verfahren führte mich schnell und sicher zum Ziele: Die Blase wurde in kaltem Wasser aufgeweicht, und in diesem Zustande über das eine offene Ende mit einer Schnur fest aufgebunden. Nach ungefähr 24 Stunden ist die Blase vollkommen ausgetrocknet; man kann die Schnur wegnehmen, die Blase zeigt sich fest an die Röhre angeleimt. In diesem trocknen Zustande binde ich dann von Neuem die Blase mit stark gezwirnten leinenen Faden an die Röhre. Zehn bis zwölf Umschlingungen dicht nebeneinander geben einen genügend festen Verschluss. Kommt der Apparat in Wasser, so quillt der stark gezwirnte Faden auf und schliesst die Blase nur um so fester an die Röhre an.

Aber trotz aller Vorsicht der Methode und Arbeit, sagt Ludwig S. 4, darf man sich nicht verhehlen, dass die Fehlergrenzen für das Salz in die Mgr., für das Wasser in die Cgr. fallen. Die Fehlerquellen liegen in dem Beschlagen der Röhren, der Verdunstung von der äussern Hautfläche beim Wiegen, in den Fehlern bei Bestimmung des Procentgehaltes.

Derselbe über die Behandlung der Blase S. 15. Man kann eine Schweinsblase nie ganz auswaschen. So rein, dass kein Schaden für die Versuche erwächst, erhält man sie nur durch mehrtägiges bis mehrwöchentliches Liegen in concentr. Alkohol, wiederholtes Auswaschen in Wasser und Pressen. — Noch viel schädlicher dem

Versuche sind die abgestossenen Epitheliumschuppen, sie fallen fast fortwährend und unter Umständen in so grosser Menge von der Blase, dass dadurch ganz auffallende Fehler entstehen würden, wenn man sie vernachlässigte. — Das Trocknen der Blase erfordert noch besondere Aufmerksamkeit. Ehe man die ausgetrocknete Blase in höherer Temperatur trocknet, muss man sie in warmer Luft oder im gesperrten Raum mit Ca Cl lufttrocken gemacht haben; man würde bei unmittelbarem Trocknen der feuchten Substanz in höherer Temperatur eine Leimbildung anbahnen. Da die Membran das hygroskopische Wasser sehr festhält, so muss man sie im Kochsalzbad trocknen und den mit einer aufgeschliffenen Platte bedeckten Tiegel im leeren Raum erkalten lassen, weil die Blasen vermöge ihrer ganz ausserordentlichen Hygroskopicität dem Ca Cl und der englischen Schwefelsäure Wasser entzieht.

Eckhard stellte (Pogg. 128, 66) die Versuche bei niedriger Temperatur zum Teil im Winter in einem gegen Norden gelegenen Zimmer an, in welchem namentlich an regnerischen Tagen die Temperatur sehr constant blieb, zum Teil im Sommer in einem zu dieser Zeit leerem Eiskeller und den Vorräumen zu diesen.

Ueber den Herzbeutel sagt er S. 96: Er besteht in seinem frischen Zustande aus feinen Fäden, deren etwa 1500 auf 1 mm. gehen. Dieselben liegen äusserst dicht an einander und sind noch durch eine homogene Masse zusammengekittet, welche noch die Eigenschaft hat in kaltem Wasser fast unlöslich zu sein. Solcher Lagen von zusammengekitteten Fasern finden sich viele übereinander, so dass man sich das Ganze als eine homogene Substanz mit feinen Fasern durchzogen vorstellen muss.

