

Transsudation und Endosmose.

Auf der wichtigen Eigenschaft der thierischen, überhaupt der organischen Theile, tropfbare und elastische Flüssigkeiten in sich aufzunehmen oder durchzulassen, beruhen viele Erscheinungen und Eigenthümlichkeiten der Ernährung, der Rückbildung, der Absonderung, mit einem Worte des Gesamtvorganges des organischen Stoffwechsels.

Es ist bei den verwickelten Verhältnissen jedes speciellen Processes des Stoffwechsels von wesentlichem Vortheil, daß wir im Stande sind, die Erscheinungen der Aufnahme und des Durchganges von Flüssigkeiten in und durch thierische Theile auf experimentell = physicalischem Wege zu verfolgen und die auf diese Weise gewonnenen Thatsachen zur Aufhellung der complicirten Vorgänge des Stoffwechsels im Organismus zu verwerthen. In den Thatsachen, welche die Versuche der Physiker und Physiologen über Endosmose, Imbibition und verwandte Gegenstände ergeben haben, lassen sich in der That nicht selten Analogien organischer Vorgänge erkennen, und wenn wir auch noch weit, sehr weit entfernt sind von dem Ziele, welches der Forschung vorschwebt, so kann doch nicht geleugnet werden, daß der Weg, welcher betreten worden ist, ein richtiger ist, und daß seine weitere Verfolgung Aussicht auf reichen Gewinn bieten muß.

Die interessanten und fundamentalen Fragen, woher es komme, daß aus einem und demselben Blute bei seinem Durchgange durch verschiedene Organe verschiedene Stoffe in die Gewebetheile transsudiren, daß jedes Secret seine eigenthümliche Beschaffenheit, jeder organische Elementartheil im gesunden Zustande die Kraft hat, nur die ihm entsprechenden Bestandtheile dem Blute zu entziehen und zum Theil auch chemisch zu verändern, diese und so viele verwandte Fragen lassen sich theils auf dem eben bezeichneten experimentell = physicalischen Wege, theils durch die Hülfsmittel der Chemie ohne Zweifel besser erforschen, als es der in der Physiologie selbst heute noch nicht gänzlich überwundenen leidigen Manier des Vitalismus jemals gelingen wird. Es sei aber hier ausdrücklich bemerkt, daß ich sehr weit entfernt bin von der Meinung, daß man gegenwärtig im Stande sei, die verwickelten Erscheinungen des Stoffwechsels einzig und allein auf chemisch = physicalische Geseze reduciren zu können. Ob hier noch andere, in der nicht organischen Welt nicht oder nur unter bedeutenden Modificationen vorkommende Kräfte ins Spiel kommen, darüber wird kein ruhiger und gewissenhafter Forscher bei dem jetzigen Zustande unserer Kenntnisse zu entscheiden sich vermessen, wohl aber wird der nüchterne Sinn des experimentellen Stu-

diums bei Untersuchung der in Rede stehenden Fragen sich vorzugsweise, ja fast ausschließlich der Erforschung der leichter zugänglichen Erscheinungen der Endosmose, Imbibition und Capillarität, sowie der chemischen Seite der organischen Proceße zuwenden und das unfruchtbare Feld der Speculation den Vitalisten und sogenannten philosophischen Physiologen bereitwilligst überlassen.

Die Untersuchung der Erscheinungen der Imbibition organischer Gebilde mit Flüssigkeiten hat bis jetzt nur sehr wenige Forscher und auch diese blos nebenhin beschäftigt. Es läßt sich aber nicht in Abrede stellen, daß die vielen Fragen, die sich hier schon der ersten und oberflächlichsten Betrachtung des Gegenstandes entgegenstellen, nicht unwichtige Anhaltspunkte zur Aufhellung mancher Vorgänge des Stoffwechsels bieten werden. Ausgedehnte und beharrlich fortgesetzte Untersuchungen über Imbibition, die uns leider fast ganz fehlen, sind in der That ein wirkliches Bedürfniß für die Physiologie.

Größere Aufmerksamkeit hat man den Erscheinungen der Endosmose gewidmet, obschon nicht wenige hierher gehörige Fragen erst dann vollständig gewürdigt werden können, wenn die Geseze der Imbibition näher aufgeklärt sind. Unter Endosmose versteht man die meistens mit Volumenveränderungen eintretende gegenseitige Mischung zweier durch eine permeable Scheidewand getrennten, qualitativ oder quantitativ (d. h. in ihrer Concentration) verschiedenen, mit einander mischbaren einfachen oder zusammengefügten Flüssigkeiten. Da mit sehr wenigen Ausnahmen beide Flüssigkeiten oder doch die in denselben gelösten Körper durch die poröse Scheidewand treten, also doppelte Strömungen vorhanden sind, so nannte Dutochet den einen Strom Endosmose, den anderen Exosmose. Bald wird unter der ersteren Bezeichnung zugleich die Volumzunahme, unter der zweiten die Volumabnahme verstanden; bald werden diese Namen, ihrer etymologischen Bedeutung entsprechend, auf die Richtungen der Ströme von Innen nach Außen und umgekehrt bezogen. Es ist einleuchtend, daß diese Bezeichnungen mit dem Wesen der Sache nichts zu thun haben; wir behalten deshalb blos den Namen Endosmose zur Bezeichnung des Phänomens überhaupt bei, für welches der in neuerer Zeit öfters gebrauchte Name Diffusion durchaus unpassend ist.

Die Einsicht, daß die Erscheinungen der Endosmose und viele Vorgänge im Organismus auffallende Analogien bieten, hat seit Nollet, dem Entdecker des Phänomens (vor gerade 100 Jahren), viele Physiologen und Physiker veranlaßt, demselben ihre Aufmerksamkeit zuzuwenden.

Um die Erscheinungen der Endosmose näher zu untersuchen, bedürfen wir eines eigenen Apparates, welcher es möglich macht, die Volumveränderungen der Flüssigkeiten genau zu bestimmen.

Der Apparat, den Dutochet angewandt hat, besteht (Fig. 48) im Wesentlichen in einer graduirten Glasröhre *a*, welche in eine starke Erweiterung *b* mit offener Mündung endigt. Ueber diese offene Mündung wird eine Blase *c d* gebunden, und der mit Flüssigkeit bis zu einer gewissen Höhe der Glasröhre gefüllte Apparat in eine zweite Flüssigkeit gestellt, worauf der Austausch beider Fluida durch die Membran vor sich geht. Diese Vorrichtung ist zu genauen Messungen aus mehreren Gründen ganz unbrauchbar. Bei Volumänderungen der Flüssigkeit in der Röhre ändert sich der Druck und dem entsprechend auch die Stärke der Endosmose, wodurch ein ungenaues Resultat erhalten wird. Da sich ferner die Membran bei Aufnahme von Flüssig-

keit in den Apparat in Folge des alsdann stärkeren Druckes der Flüssigkeits-
säule nach unten stärker wölbt, so kann, trotzdem daß das Volum in dem
Fig. 43.

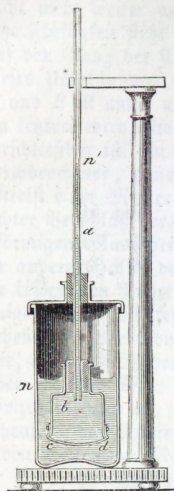
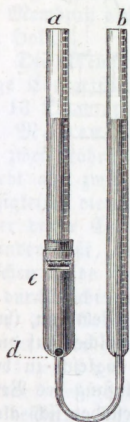


Fig. 49.



Apparat zugenommen hat, das Flüssigkeitsniveau in der Röhre nicht oder nicht entsprechend steigen, weil das in den Apparat übergetretene Flüssigkeitsvolum ganz oder theilweise der durch Ausbuchtung der Membran entstandenen Raumzunahme entspricht. Wenn Dutrochet ein Drahtsieb unter die Membran anbringt, so legt sich die letztere in die Maschen des Siebes und der Zweck, die Ausweichung der Membran zu verhüten, wird nur theilweise erreicht. Es sind demnach bei Dutrochet's Endosmometer die Veränderungen der Flüssigkeitsniveaux in der Röhre durchaus kein Maassstab für die stattgefundenen Volumänderungen der Flüssigkeiten. Auf andere minder erhebliche Uebelstände bei Dutrochet's Endosmometer kann ich hier nicht näher eingehen.

Liebig empfiehlt (Untersuchungen über einige Ursachen der Luftbewegung im thierischen Organismus, Braunschweig 1848) folgende Vorrichtung (Fig. 49): Die an ihrem unteren Ende mit einer Membran verschlossene Röhre wird mit der Flüssigkeit, deren Volumzunahme bestimmt werden soll, bis zu einer bestimmten Höhe angefüllt; sie ist in die Röhre *c*, die Wasser enthält, eingepaßt. Wenn man die Flüssigkeit in *b* durch Nachgießen von Wasser auf dem ursprünglichen Standpunkt erhält und das aus einem Tropfsglase nachgegossene Wasser durch den Gewichtsverlust des Tropfsglases wiegt, so kennt man das Wasservolum, welches aus *c* in die Röhre *a* übergegangen ist.

Ich construirte mir zu meinen Versuchen einen eigenen Apparat, welcher ohne große Umständlichkeit zu gebrauchen ist, genaue Messungen der Volumänderungen beider Flüssigkeiten zuläßt, und zudem beide Flüssigkeiten beständig unter gleichem Drucke erhält, Bedingungen, welchen Dutrochet's Endosmometer nicht entspricht. Derselbe besteht im Wesentlichen in Folgendem (Fig. 50, 51, 52 a. d. f. S.): Zwei Glasylinder *A* und *B* sind in messingene Ringe *a* gekittet, deren jeder nach außen in eine flächenartige Ausbreitung *b* übergeht. Diese letzteren werden, nachdem eine Membran zwischen sie gebracht worden ist, mittelst Schrauben an einander gepreßt, so daß sie wasserdicht schließen. Am anderen Ende ist jeder der Glasylinder durch eine messingene Platte *c* verschlossen, welche oben in eine napfförmige Oeffnung *d* übergeht, auf welche eine graduirte, in der Regel 6 Millimeter inneren Durchmesser haltende und mehrere Fuß lange Glasröhre *e* aufgeschraubt wird. Beide Cylinder und Röhren werden bis zu einer bestimmten Höhe mit Flüssigkeit gefüllt; ich wende von jedem Fluidum immer 100 Kubikcentimeter an. Um das oben besprochene Ausweichen der Membran zu erkennen, welches jede auch nur annähernd genaue Messung der Volumänderungen unmöglich

macht, ist auf jeder Seite der Membran in der Mitte derselben ein feiner Schieber *y* von Glas mittelst etwas Sigellack befestigt. Haben während des

Fig. 50.

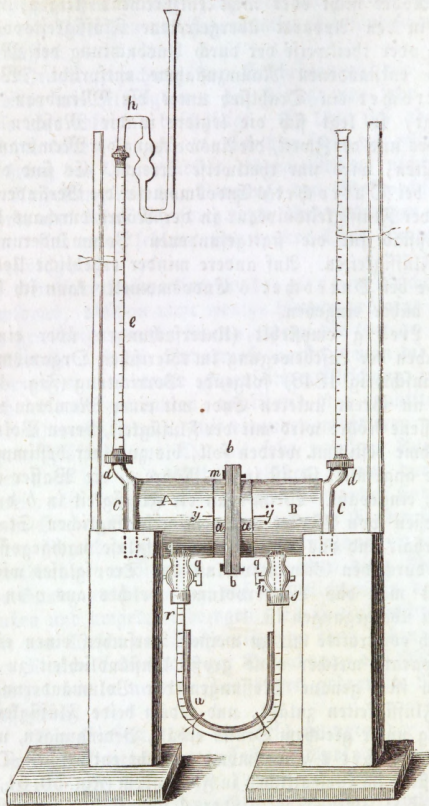


Fig. 51.

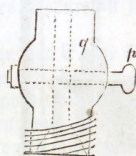
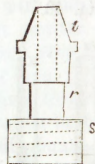


Fig. 52.



Verlaufes des Experimentes die Schieber, und folglich die Membran, ihre Stellung verändert, so braucht man nur durch einen Druck, welcher auf diejenige Flüssigkeit, welche an Volum abgenommen hat, auf sogleich zu beschreibende Weise angebracht wird, die Schieber in ihre zu Anfang des Versuches eingenommene Lage zurückzuführen. Die Membran befindet sich alsdann genau in derselben Lage, wie zu Anfang des Versuches, und die Veränderungen der Flüssigkeitsniveaux in beiden Röhren geben genau die Volumänderungen der Flüssigkeiten an. Um die Schieber auf ihre ursprüngliche Lage zurückzuführen, wird auf diejenige Röhre *e*, welche der Flüssigkeit, die eine Volumabnahme erfahren hat, entspricht, eine Manometeröhre *h* luftdicht aufgeschraubt. Es wird so viel Flüssigkeit in die Manometeröhre eingegossen, bis die Schieber in ihre frühere Lage gekommen sind.

Sind die Volumänderungen während des Experimentes bedeutend, so hat sich die Membran stark nach einer Seite ausgebuchtet, und es tritt endlich ein Moment ein, in welchem die Membran so stark gespannt ist, daß sie nicht mehr weiter ausweicht. Trotzdem hört die Endosmose nicht auf; die eine Flüssigkeit steht aber unter einem stärkeren Druck, als die andere, was auf den Gang der Endosmose von störendem Einfluß ist. Zur Vermeidung dieses Uebelstandes dient folgende Vorrichtung: An beiden Glaszylindern *A* und *B* ist unten und in der Mitte eine offene Verlängerung angebracht. In letztere wird eine messingene Röhre *q* eingekittet, die durch einen Hahn *p* verschließbar ist. In das unter dem Hahn befindliche Ende der Röhre wird ein durchbrochener, genau einpassender Conus von Messing gebracht, welcher mittelst einer Mutter *s* so fest angeschraubt werden kann, daß ein wasserdichter Verschuß hergestellt ist. In den Conus wird der eine Schenkel einer Uförmigen Glasröhre *r* eingekittet; der andere Schenkel ist an dem Conus der anderen Hälfte des Endosmometers befestigt. Der untere gebogene Theil der Uförmigen Röhre wird mit Quecksilber, die Schenkel der Röhre mit derjenigen Flüssigkeit gefüllt, welche der Glaszylinder enthält, mit dem dieser Schenkel in Verbindung steht. An die Uförmige Röhre ist eine ähnliche kleinere, an beiden Schenkeln offene Glasröhre *u* angebracht, in welche Quecksilber gegossen wird. Die Quecksilberniveaux in beiden Schenkeln geben die Horizontalebene an. Durch Beobachtung der Quecksilberniveaux in den Schenkeln der Röhre *r* und *u* kann man erkennen, ob die Flüssigkeiten zu beiden Seiten der Membran unter gleichem Drucke stehen. Ist letzteres nicht der Fall, so bringt man durch Eingießen von Quecksilber oder einer anderen Flüssigkeit in die Manometeröhre *h* die Quecksilberniveaux in der Verbindungsröhre *r* auf gleiche Höhe, somit die Flüssigkeiten zu beiden Seiten der Membran auf gleichen Druck. Der Apparat ruht auf einer Unterlage von Holz.

Die Membran, welche beide Flüssigkeiten trennt, darf keine zu geringe Contactfläche darbieten. Bei meinem Apparat beträgt die letztere gegen 13 Quadratcentimeter ¹⁾.

Matteucci und Lima haben ebenfalls ein doppeltes Endosmometer mit zwei Röhren bei einigen ihrer Versuche angewandt ²⁾. Ihr Apparat besteht aus zwei messingenen Cylindern, welche zur Aufnahme der beiden Flüssigkeiten dienen, und die wasserdicht an einander befestigt werden können. Jeder dieser Cylinder wird an der Seite, mit welcher er an den anderen Cylinder stößt, von einer mit kleinen Löchern versehenen Platte geschlossen; zwischen beide Platten wird eine Membran gelegt, welche demnach nur an den durchbrochenen Stellen der Scheidewand, also mit einer geringen Oberfläche, dem Contact der beiderseitigen Flüssigkeiten ausgesetzt ist. An dem äußeren Ende jedes Cylinders befindet sich eine enge graduirte Glasröhre. Matteucci will dadurch, daß er die Membran zwischen zwei durchlöchernten Platten befestigt, das Ausweichen der Membran verhindern: der Zweck wird aber bestimmt nicht erreicht, denn so klein auch die Löcher der Messingplatten sein mögen, so müssen doch, wenn die Flüssigkeit auf der einen Seite eine Volumzunahme erfahren hat und stärker drückt, die kleinen Fragmente der Membran, welche den Löchern correspondiren, zurückgedrängt werden. Da

¹⁾ S. meinen Aufsatz: Physik des organischen Stoffwechsels in Griesinger's Archiv für physiologische Heilkunde, 1847.

²⁾ S. Annal. de Chimie 1845, Januarheft.

Mattencci sehr enge Röhren anwandte, so mußte schon eine unbedeutende Verschiebung sämmtlicher freien Membranfragmente auf die Niveau der Flüssigkeiten in den Röhren von Einfluß sein. Auch ist bei diesem Apparat nicht dafür gesorgt, daß beide Flüssigkeiten unter gleichem Druck stehen.

Jolly macht gegen die bisher übliche Messungsmethode in seinem trefflichen Aufsatz über Endosmose ¹⁾ mehrere Einwürfe. Es wird, wie er behauptet, durch die bisherigen Endosmometer weder der Durchgang der einzelnen Stoffe durch die Membran, noch auch selbst nur das gemessen, was angeblich gemessen werden soll, nämlich das Verhältniß der Differenzen der stattfindenden Strömungen. Zum Beweise seiner ersten Behauptung macht er darauf aufmerksam, daß bei gleichen und entgegengesetzten Strömungen keine Niveau-Änderung eintreten kann, ohne daß diese an dem Instrument erkannt wird. Das Instrument zeigt, wie Jolly bemerkt, eben nur Differenzen der Strömungen und nicht die Strömungen selbst an. Es versteht sich aber von selbst, daß die chemische Untersuchung der Flüssigkeiten nach beendeten Versuche vorgenommen werden muß und es läßt sich sodann, aus den Daten, welche dieselbe ergibt, zusammengehalten mit den Volumänderungen, ohne daß ich das näher auseinanderzusetzen brauchte, ganz genau der Durchgang der einzelnen Stoffe durch die Membran, also die Strömungen selbst, berechnen. Auf die zweite Einwendung Jolly's werde ich, da diese mit einem endosmotischen Gesetze zusammenhängt, im Verlauf der Abhandlung zurückkommen.

Jolly hat bei seinen Versuchen eine neue Methode angewandt. Er brachte in eine cylindrische Röhre von etwa 15 Centimeter Länge und 3 Centimeter Durchmesser, deren eines Ende mit einer Blase verschlossen war, die Lösung des Stoffes, dessen Endosmose gegen Wasser untersucht werden sollte. Die Röhre wurde in ein geräumiges, mit destillirtem Wasser gefülltes Gefäß gestellt und das Wasser in letzterem häufig erneuert. Es wurden wiederholt die Gewichtsveränderungen der Röhre durch Abwägen bestimmt und zwar so lange, bis keine Gewichtsveränderung mehr bemerkbar war, also bis zu dem Punkte, wo die Röhre nur destillirtes Wasser enthielt, und deshalb die Endosmose wegen der völlig gleichen Beschaffenheit der innerhalb und außerhalb der Röhre befindlichen Flüssigkeit stille stand. Bei diesem Verfahren ist die eine Flüssigkeit, nämlich das destillirte Wasser außerhalb der Röhre beständig in gleichförmigem Zustand; dieses ist ein Vortheil, welcher den Versuch einfacher macht als das bisherige Verfahren, in welchem beide Flüssigkeiten beständig Änderungen erleiden. Letzteres hindert aber durchaus nicht, die gewonnenen Resultate gehörig zu verwerthen, und wir dürfen zudem nicht übersehen, daß man von vielen Flüssigkeiten keine so großen Quantitäten anwenden kann, um sie beständig zu erneuern. Auch dauert der Versuch bei Jolly's Verfahren viel länger als bei der bisherigen Methode. Ueber manche Fragen kann endlich diese neue Methode keinen Aufschuß geben, namentlich über die Verhältnisse der Endosmose bei zusammengesetzten Flüssigkeiten, bei welchen manche Stoffe schon völlig verschwunden sein können, während andere noch zurückbleiben. Es kann übrigens das Verfahren, die eine Flüssigkeit öfter zu erneuern, auch bei dem doppelten Endosmometer durch eine geringe Modification des Apparates leicht angewandt werden. So sehr ich die Versuche Jolly's auch schätze, welcher die Wissenschaft

¹⁾ Henle's und Pfeufer's Zeitschrift für rationelle Medicin, Bd. 7, 1848.

bereichert und manche Verstöße seiner Vorgänger mit großer Klarheit dargelegt hat, so sehe ich doch keinen Grund, von der von mir befolgten Vorfahrungsweise abzugehen. —

Das Absorptionsvermögen thierischer Theile für Flüssigkeiten, ein Gegenstand, den wir zuerst betrachten müssen, ist sehr verschieden. Wir werden später finden, daß dieses Moment für die Erscheinungen der Endosmose von besonderer Wichtigkeit ist.

Chevreul hat über diesen Punkt mehrere Versuche angestellt, indem er einige Substanzen 24 Stunden lang in Wasser, Salzwasser oder Del liegen ließ und sodann ihre Gewichtszunahme bestimmte. Er erhielt folgende Ergebnisse:

	Rub. Cent. Wasser.	R. G. Salzwasser.	R. G. Del.
100 Grm. Ohrknorpel absorbiren	231	125	—
100 „ Sehnen absorbiren	178	114	8,6
100 „ gelbe Bänder . . .	148	30	7,2
100 „ Hornhaut	461	370	9,1

Liebig fand, daß 100 Gewichtstheile trockner Ochsenblase in 24 Stunden absorbiren:

Wasser	268 Volumtheile ¹⁾ ,
gesättigtes Salzwasser	133 „
Weingeist von 84 % .	38 „
Knochenöl	17 „

100 Theile trockene Schweinblase nahmen nach demselben Forscher auf in 24 Stunden:

Wasser	356 Volumtheile,
gesättigtes Salzwasser	159 „
Knochenöl	14 „

Man sieht, daß thierische Theile von reinem Wasser die größte, von Del die geringste Menge absorbiren, und daß der Zusatz von Kochsalz oder Alkohol zum Wasser das Absorptionsvermögen der Thiersubstanz bedeutend verringert. Zur näheren Begründung dieser Thatfache hat Liebig das Absorptionsvermögen der Ochsenblase für Kochsalzwasser und Weingeist von verschiedenen Concentrationsgraden bestimmt und Folgendes ermittelt: 100 Gewichtstheile Ochsenblase nahmen auf in 48 Stunden:

reines Wasser	310 Gewichtstheile,
von einer Mischung von $\frac{1}{3}$ Wasser und $\frac{2}{3}$ Salzwasser	219 „
„ „ „ „ $\frac{1}{2}$ „ „ $\frac{1}{2}$ „	235 „
„ „ „ „ $\frac{2}{3}$ „ „ $\frac{1}{3}$ „	288 „
„ „ „ „ $\frac{1}{2}$ „ „ $\frac{1}{2}$ Alkohol	60 „
„ „ „ „ $\frac{2}{3}$ „ „ $\frac{1}{3}$ „	181 „
„ „ „ „ $\frac{3}{4}$ „ „ $\frac{1}{4}$ „	290 „

Es fragt sich jedoch, ob wir uns den Vorgang so einfach vorstellen dürfen, als ob die Flüssigkeiten unverändert absorbirt würden. Wenn man hinreichende Quantitäten von der Thiersubstanz im Verhältniß zu der Flüssigkeit anwendet, wird man ohne Zweifel finden, daß erstere lösbare Bestandtheile an die Flüssigkeiten abgeben und von den einzelnen Bestandtheilen zusammengesetzter Flüssigkeiten vielleicht manche in stärkerem Verhältniß als andere aufnehmen.

¹⁾ Es wird wohl »Gewichtstheile« heißen sollen.

Desterlen hat eine lange Reihe von Versuchen über die Resorptionsfähigkeit verschiedener Organe (im Archiv für physiologische Heilkunde 1842) bekannt gemacht, aus welchen wir jedoch kaum einen physiologisch wichtigen Schluß ziehen können. Nach diesem Forscher zeigen die Nieren- und Lungen-substanz die stärkste Wasseraufnahme, die geringste dagegen Knorpel, das fibröse und Horngewebe und die Knochen.

Wichtiger als solche Versuche ist die mehr physikalische Auffassung des Gegenstandes, namentlich die Ermittlung der Absorptionsgesetze und die Bestimmung der Abhängigkeit des Absorptionsvermögens von der chemischen Constitution der absorbirenden Substanz. Dergleichen Studien würden wahrscheinlich Thatfachen ergeben, welche für den Proceß der Stoffaufnahme von Wichtigkeit sind.

Entsprechend den bedeutenden Verschiedenheiten, welche das Absorptionsvermögen verschiedener thierischen Theile für Flüssigkeiten bietet, zeigt auch die Endosmose je nach der Beschaffenheit der Membran, welche die Flüssigkeiten trennt, große Differenzen, wie schon Fischer angegeben hat. Eine dünne Kautschukplatte gestattet zwischen Wasser und wässerigen Lösungen keine Endosmose, wohl aber zwischen Weingeist und Wasser oder zwischen Weingeist und alkoholischen Lösungen. Dutrochet fand sehr dünne Lamellen von Marmor, Sandstein, namentlich aber von sogenannter Pfeifenerde als taugliche Zwischenwände für die Endosmose. Jerichau benutzte die capillaren Räume zwischen Quecksilber und Glas, indem er den untersten Theil einer U förmigen Röhre mit etwas Quecksilber und die beiden Schenkel mit zwei verschiedenen Flüssigkeiten füllte. Auch in diesem Falle trat eine freilich nur sehr schwache Endosmose ein.

Kürschner zeigt (Artikel „Auffangung“ dieses Wörterb.), daß eine Membran, welche mit einer Flüssigkeit getränkt ist, die mit den auf beiden Seiten der Membran befindlichen Flüssigkeiten nicht mischbar ist, die Endosmose verhindert. Matteucci und Cima geben ziemlich viele Beispiele, aus denen hervorgeht, daß verschiedenartige Membranen, z. B. die äußeren Bedeckungen verschiedener Thiere, bedeutende Differenzen in der Stärke der Endosmose darbieten. Sie fanden, daß die für die Endosmose günstigste Lage im Allgemeinen, wenn sie die äußeren Bedeckungen der Thiere anwandten, diejenige ist, wobei das Wasser mit ihrer angewachsenen, die andere Flüssigkeit mit ihrer freien Oberfläche in Berührung kommt. Dieser Einfluß, welchen frische Membranen durch ihre Lage auf die Endosmose ausüben, fällt übrigens weg bei getrockneten oder durch Fäulniß veränderten Membranen.

Die Behauptung Kürschner's, daß Flüssigkeiten, welche die Membran zerlegen, die Endosmose aufheben, hat Brücke widerlegt und gezeigt, daß z. B. eine mit Höllesteinlösung behandelte Blase zwischen Zuckerwasser und Wasser immer noch Endosmose gestattet.

Sowie wir für die Absorptionsversuche als eine wichtige Aufgabe die Untersuchung des Verhältnisses der chemischen Constitution der absorbirenden Substanz zur Zusammensetzung der zu absorbirenden Flüssigkeit bezeichnet haben, so muß auch bei den Endosmosenversuchen die gleiche Aufgabe in's Auge gefaßt werden. Die nunmehr zur Genüge nachgewiesene Thatfache, daß Membranen von verschiedener Natur verschiedene endosmotische Erscheinungen bedingen, giebt zwar im Allgemeinen eine Einsicht in die Möglichkeit, ja Nothwendigkeit der Verschiedenheit der Secretionen trotz der gleichen

Beschaffenheit der Mutterflüssigkeit, welcher erstere ihren Ursprung verdanken; doch genügt diese Thatsache in dieser Allgemeinheit noch keineswegs, und es bleibt eine wichtige, aber höchst schwierige Aufgabe für die künftigen Forscher, die Ursachen dieser Erscheinung möglich aufzufinden. Daß die chemische Zusammensetzung der Membran hier von besonderem Einfluß sei, darüber wird wohl kein Zweifel sein.

Außer der Natur der Membran bedingt auch die Größe der Scheidewand, also ihre Contactfläche mit beiden Flüssigkeiten wesentlich die Stärke der Endosmose. Dutrochet hat hierüber eigene Versuche angestellt. Er wandte 2 Endosmometer an, bei denen die Oberflächen der Membranen sich wie 1 zu 4 verhielten; genau in demselben Verhältniß will er auch die Stärke der Endosmose gefunden haben. Versuche der Art sind übrigens, da sich die Antwort auf diese Frage von selbst giebt, überflüssig.

Die Dicke der Membran ist ebenfalls von Einfluß auf die Erscheinung; die Endosmose erfolgt um so schneller, je dünner die Scheidewand ist. Dutrochet fand bei einer Sandsteinlamelle von 6 und 4 Millimeter Dicke zwischen Wasser und Gummiarabicumlösung keine Endosmose, wohl aber eine geringe Volumänderung, wenn die Lamelle nur 3 Millimeter dick war. Bei der sogenannten Pfeifenerde fand er selbst noch bei $1\frac{1}{2}$ Centimeter dicken Lamellen eine schwache Endosmose, die aber bei bloß 1 Millimeter dicken sehr stark war.

Die chemische Beschaffenheit der Flüssigkeit hat einen großen Einfluß auf den Gang der Erscheinung. Es gilt als ein allgemeines Gesetz, daß wässrige Lösungen von Salzen, Alkalien und vielen organischen Stoffen, wenn sie von Wasser durch eine Blase getrennt werden, an Volum immer zunehmen, wogegen von dem gelösten Körper eine größere oder geringere Quantität zum Wasser übergeht.

Nach Fischer ist z. B. die Endosmose bei Kochsalz- oder Salmiaklösung viel stärker als bei Cyaneisenkalium. Nach Dutrochet verhält sich bei Lösungen von Ichthyocolla, Gummi arabicum, Zucker und Eiweiß die Stärke der Endosmose wie 3 : 5 : 11 : 12. Zwischen Alkohol und Del fand er die Strömung gegen das Del stärker. Bei den Säuren fand man im Allgemeinen, daß der stärkere Strom immer gegen das Wasser geht. Doch giebt Dutrochet an, daß die Richtung des Stromes von der Concentration der Säure abhängt. Weinsäurelösung von 105 spec. Gew. zeigte bei 25° C. gegen Wasser keine Volumänderung, obgleich ein gegenseitiger Austausch eintrat. Bei dem specifischen Gewichte der Säure von mehr als 105 nahm das Volum der Säure zu, bei einer geringeren Concentration als 105 nahm die Säure ab. Ähnliches fand er bei der Citronensäure und bemerkt zugleich, daß diese Gränze in der Art veränderlich ist, daß die Erniedrigung der Temperatur die Richtung der Endosmose gegen das Wasser, die Erhöhung der Temperatur aber die Endosmose gegen die Säure verstärkt.

Folly machte über die Endosmose verschiedener Substanzen genauere und zahlreichere Versuche als seine Vorgänger. Indem er, wie schon bemerkt, den Versuch so lange fortsetzt, bis die Stoffe, deren Endosmose gegen Wasser er untersuchte, aus der Röhre gänzlich verschwunden waren und sich nur reines Wasser in der Röhre befand, gelangte er zu Zahlen, welche angeben, welch ein Multiplum das eingetretene Wasser von dem in der Röhre früher vorhandenen, durch Endosmose entfernten Stoffe ist. Er fand, daß dieses Multiplum für einen und denselben Stoff unter sonst gleichen Verhältnissen, also namentlich bei gleicher Temperatur und gleichen Membran-

stücken ungeändert dasselbe bleibt, man mag eine größere oder kleinere Menge dieses Stoffes, den letzteren trocken oder in beliebiger Concentration anwenden. Er schlägt vor, diese Multipla als endosmotische Aequivalente zu bezeichnen.

Das endosmotische Aequivalent eines Stoffes ist demnach das Verhältniß der ausgetretenen Gewichtsmenge desselben zu der eingetretenen Wassermenge, die erstere als Einheit genommen.

Jolly gelangte in seinen einzelnen Versuchen zu folgenden Ergebnissen:

	Nummer der Membran.	Endosmotisches Aequivalent.
Rochsalz	1	4,316
„	1	4,58
„	2	3,991
„	2	3,820
„	10	4,352
„	11	4,092
Glaubersalz	5	12,44
„	7	12,023
„	7	11,033
„	6	11,066
„	1	11,581
Schwefelsaures Kali	1	11,42
„	2	12,65
„	4	12,76
Schwefelsaure Bittererde	5	11,503
„	6	11,802
Schwefelsaures Kupferoxyd	6	9,564
Saures schwefelsaures Kali	9	2,345
Kalihydrat	7	200,09
„	1	231,4
Alkohol	6	4,140
„	8	4,132
„	4	4,336
Zucker	6	7,250
„	7	7,064
Schwefelsäurehydrat	3	0,391
„	5	0,308

Die Differenzen der endosmotischen Aequivalente mancher Stoffe sind, wie man sieht, ganz enorm. Jolly macht darauf aufmerksam, daß das bei weitem größte Aequivalent die stärkste Salzbase, das kleinste dagegen die stärkste Säure besitzt, daß saure Salze den Säuren näher stehen, während die neutralen Salze höhere Aequivalente zeigen als die sauren.

Schon von vorneherein kann man vermuthen, daß die Concentration der Lösungen von bedeutendem Einfluß auf die Endosmose ist, was zuerst Fischer bemerkte. Ueber diese Frage giebt folgende von mir mit Rochsalzlösung und Wasser angestellte Versuchsreihe Aufschluß. Die Versuchsdauer ist jedesmal 5 Stunden, von jeder Flüssigkeit wurden 100 Kub. Cent. angewandt, und die Oberfläche der Membran betrug 12,88 Quadr. Centimeter.

Nummer des Membran= stücks.	In der Kochsalz= lösung enthalte= ne Salzmenge in Grammen zu Anfang des Versuches.	Volumabnahme des Wassers in Kub.-Centimet.	Zu dem Wasser übergegangene Salzmenge in Grammen.
1	17,234	4,98	2,14
1	13,901	3,93	1,79
2		3,45	2,16
3		2,48	1,37
4		2,56	1,24
4		2,79	1,34
5	10,226	2,25	1,23
5	12,576	2,69	1,75
5	18,212	4,11	1,90
5	21,918	4,23	2,21
6	15,951	3,47	1,75
6	13,901	2,92	1,42
6	34,076	6,94	3,31
6	30,198	5,39	2,93

Beim Ueberblick über diese Versuchsreihe sieht man, daß mit zunehmender Concentration der Kochsalzlösung die Volumabnahme des Wassers und der Kochsalzverlust der Lösung zunimmt; geht man aber auf eine genauere Vergleichung der Einzelversuche ein, so erkennt man, daß bei Lösungen von geringerer Concentration eine verhältnißmäßig stärkere Endosmose als bei stark concentrirten Lösungen erfolgt; das Verhältniß der Volumänderungen ist daher ein kleineres als das der Dichtigkeiten. Die Ursache dieser Erscheinung liegt in Folgendem: die Endosmose erfolgt mit verschiedener Geschwindigkeit bei verschiedenen Stoffen, sowie auch bei verschieden concentrirten Lösungen desselben Stoffes. Eine größere Geschwindigkeit der Endosmose hat natürlich zur Folge, daß die Lösung um so schneller an specifischem Gewicht verliert, das Wasser dagegen um so schneller Quantitäten von dem in der Lösung befindlichen Körper aufnimmt. Dadurch wird bei stark concentrirten Lösungen die Differenz der Concentration beider Flüssigkeiten, von welcher die Schnelligkeit der Endosmose abhängt, verhältnißmäßig früher ausgeglichen, als bei schwächeren Lösungen.

Vergleicht man nun die gegenseitig übergetretenen Stoffe bei verschieden concentrirten Lösungen in mehreren Zeitabschnitten, so findet man, daß das Verhältniß der Endosmose in jedem Zeitabschnitt ein anderes ist und sich um so verschiedener herausstellt, je größere Differenzen die Stoffe in der Energie der Endosmose zeigen. Wäre die Bewegung eine gleichförmige, dann würde, wie Jolly richtig bemerkt, das Verhältniß der Endosmose verschiedener Stoffe nach jedem beliebigen Zeitraum dasselbe bleiben.

Folgende Schemata werden das Gesagte deutlicher machen. Betrachten wir zuerst den einfachen Fall einer gleichmäßigen Bewegung. Wir wollen zwei Lösungen annehmen, deren Concentration sich wie 2 : 1 verhält; in der einen Lösung seien in 100 Kubit.-Centimeter 20, in der anderen 10 Gramme von dem gelösten Körper enthalten. Gesezt, es erfolge blos ein einziger Strom, d. h. die Lösung verliere blos von ihrem gelösten Körper. Die Stärke der Endosmose betrage im ersten Zeitabschnitt bei der stärkeren Lösung zwei, bei der schwächeren 1 Gramme. Untersuchen wir nun die Vorgänge in den darauffolgenden Zeiträumen unter der Voraussetzung, daß die

Stärke der Endosmose der Concentration der Flüssigkeiten proportional sei. Wir finden alsdann:

Zeitraum.	Menge des gelösten Körpers in 100 Kubikcentimeter der Lösung zu Anfang des Zeitraumes.	Stärke der Endosmose.
Stärkere Lösung.		
1	20	2
2	18	1,8
3	16,2	1,62
Schwächere Lösung.		
1	10	1
2	9	0,9
3	8,1	0,81

In diesem Falle ist das Verhältniß der Stärke der Endosmose beider Lösungen in den verschiedenen Zeiten dasselbe. Ein einfacher Strom, wie der so eben angenommene Fall, ist aber höchst selten; wir haben es im Gegentheil fast ohne Ausnahme mit einem doppelten Ströme, mit einer ungleichförmigen Bewegung zu thun.

Wählen wir dafür dasselbe Beispiel, wie das so eben gebrauchte, und setzen wir die Stärke des zweiten Stromes (vom Wasser zur Lösung) gleich der Stärke des Stromes von der Lösung zum Wasser. Wir erhalten alsdann folgende Zahlen:

Zeitraum	Volum		Gewichtsmenge des gelösten Körpers in Grammen		Menge des gelösten Körpers in 100 Volumtheilen		Differenz der Concentration beider Flüssigkeiten.	Stärke der Endosmose.
	der Lösung	des Wassers	in der Lösung	im Wasser	der Lösung	des Wassers		
	zu Anfang des Zeitabschnittes in Kub. Centimet.		zu Anfang des Zeitraums.		zu Anfang des Zeitraums.			
Stärkere Lösung.								
1	100	100	20	0	20	0	20	2
2	102	98	18	2	17,64	2,04	15,6	1,55
3	103,56	96,44	16,44	3,56	15,87	3,69	12,18	1,218
Schwächere Lösung.								
1	100	100	10	0	10	0	10	1
2	101	99	9	1	8,910	1,010	7,9	0,79
3	101,79	98,21	8,21	1,79	8,065	1,822	6,24	0,624

Es ist nicht nöthig, die Rechnung weiter fortzusetzen; es erhellt aus derselben, daß die Endosmose im zweiten Fall verhältnißmäßig etwas stärker ist als im ersten Fall, denn obschon die Dichtigkeiten beim Beginn des ersten Zeitabschnittes sich wie 2 : 1 verhalten, so beträgt die Endosmose in den drei Zeiträumen zusammengenommen im ersten Fall 4,778, im zweiten 2,414, was ein Verhältniß von 2 : 1,0105 ergibt. Für spätere Zeiträume würden sich noch größere Differenzen ergeben.

Wenn nun, wie man aus Obigem ersieht, Jolly's Bemerkung, daß die Kenntniß der Stärke der beiden Ströme nach der bisherigen Messungsmethode bestimmt, kein ganz genaues Maaß der Stärke der Endosmose eines Stoffes ergebe, auch ganz richtig ist, so sind wir doch im Stande zu einer richtigen Verwerthung und Berechnung der nach der bisherigen Versuchungsreise gewonnenen Resultate zu gelangen, und aus den auch nur kurze Zeit beobachteten Erscheinungen der Endosmose mit derselben Genauigkeit das endosmotische Aequivalent eines Stoffes zu berechnen, als wenn wir, nach Jolly's Vorgang, den Versuch so lange fortsetzen, bis der zu untersuchende Stoff völlig aus dem Endosmometer verschwunden und durch Wasser ersetzt ist. Es würde mich jedoch zu weit führen, diesen Gegenstand hier näher zu entwickeln und ich verspare diese Aufgabe für die Fortsetzung meiner endosmotischen Studien, die ich in Griesinger's Archiv für physiologische Heilkunde veröffentlichen werde.

Aus Jolly's zahlreichen und genauen Versuchen ist nun die Richtigkeit des Gesetzes, daß die Menge der in einer Zeiteinheit über tretenden Stoffe unter sonst gleichen Verhältnissen der Concentration der Lösungen proportional ist, vollständig erwiesen.

Wir wollen als Beispiel seinen ersten an Glaubersalz angestellten Versuch anführen. Er bestimmte, nachdem das Gewicht der Röhre, des Salzes und des zur Lösung des letzteren angewandten Wassers gefunden worden war, von Zeit zu Zeit das Gesamtgewicht der Röhre sammt ihrem Inhalt, bis keine Gewichtsänderung mehr wahrnehmbar war. Aus den successiv bestimmten Gewichtszunahmen berechnete er sodann die entsprechenden Salz mengen, welche zum Wasser übergingen. Da das endosmotische Aequivalent des Glaubersalz = 12,44 ist, so wird die Salzmenge a_1 , welche zwischen je 2 Wägungen überging, durch $a_1 \cdot 12,44$ Wasser ersetzt. Die Gewichtszunahme p_1 der Röhre ist natürlich gleich dem Geichte des eintretenden Wassers weniger das Gewicht des austretenden Glaubersalzes, woraus also folgt

$a_1 = \frac{p_1}{11,44}$. Auf gleiche Weise werden die übrigen, in den folgenden Zeiträumen übergangenen Salz mengen $a_2, a_3 \dots$ berechnet.

Die Einzeldaten dieses Versuches sind folgende:

Gewicht der Röhre	33,4460 Gr.
„ des wasserfreien Glaubersalzes . . .	0,2816
„ „ Kry stallwassers	0,3584
„ „ zur Lösung angewandten Wassers .	3,683

Gesamtgewicht 37,769

Die einzelnen Wägungen ergeben folgende Resultate:

	N ^o der Wägung.	Zeitdauer der Endosmose in Stunden.	Gewicht der Röhre.
I.	1		37,769
II.	2	16,25	39,329
III.	3	23,75	39,700
IV.	4	40,50	40,166
V.	5	64,75	40,531
VI.	6	89,25	40,738
VII.	7	112,25	40,850
	8		40,992

Jolly stellt eine Gleichung auf, durch welche die Zeit t eines Versuchs durch Rechnung bestimmt werden kann, welche nöthig ist, damit die Menge a_1 eines Stoffes durch Endosmose zum Wasser übertrete. Es werden hier als bekannt vorausgesetzt folgende Größen: das Gewicht a des anfänglich angewandten Stoffes, das Gewicht n des zur Lösung verwandten Wassers; f bedeutet die Oberfläche der Membran, welche die Endosmose vermittelt, β das endosmotische Aequivalent des Stoffes. Der Werth des Coefficienten α ist unbestimmt, weshalb auch die Gleichung keine absoluten, sondern nur relative Zeitbestimmungen zuläßt, was übrigens zum Beweis der Richtigkeit des Gesetzes hinreicht.

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

Durch Einführung der entsprechenden Werthe in diese Gleichung erhält man für die verschiedenen Zeitintervallen die Werthe:

I. —	3,299
II. —	4,803
III. —	7,678
IV. —	11,697
V. —	15,997
IV. —	20,310

Vergleicht man nun die Verhältnisse der berechneten Zeiten und die der beobachteten und zwar in der Weise, daß man jedesmal die unmittelbar auf einander folgenden Zeiten nimmt, so erhält man folgende Zahlen

Zeitintervall	beobachtet	berechnet
I : II.	1 : 1,461	1 : 1,456
» » II : III.	1 : 1,705	1 : 1,598
» » III : IV.	1 : 1,598	1 : 1,523
» » IV : V.	1 : 1,386	1 : 1,367
» » V. : IV.	1 : 1,256	1 : 1,269

Die Uebereinstimmung zwischen Rechnung und Beobachtung ist so groß, als bei derartigen Versuchen überhaupt zu erwarten ist. Diese Thatsache beweist, daß bei demselben Stoffe die Menge des in einer Zeiteinheit übertretenden Stoffes der Concentration der Lösung proportional ist.

Wenn die Menge der in einer Zeiteinheit übertretenden Stoffe der Concentration der Lösung proportional ist, so ist wohl a priori anzunehmen, daß bei der Endosmose zwischen zwei verschieden concentrirten Lösungen desselben Stoffes die Differenz ihrer Concentration maßgebend ist für die Menge der übertretenden Stoffe. Ich habe hierüber folgende Versuchsreihe mit Kochsalzlösungen von sehr verschiedenen Concentrationen angestellt. Alle Bedingungen des Versuches sind wie die bei der ersten Versuchsreihe angegebenen.

Membran	In der Kochsalzlösung enthaltene Salzmenge in Grammen zu Anfang des Versuches		Unterschied des procentigen Kochsalzgehaltes bei den Lösungen	Wasserverlust der schwächeren Lösung in Kub. Centimet.	Salzverlust der stärkeren Lösung in Grammen.
	Schwächere Lösung	Stärkere Lösung			
1	10,267	17,014	7,014	1,09	0,312
2	3,411	9,623	6,212	1,08	0,451
3	9,623	19,415	9,792	2,16	0,603
3	3,490	19,415	15,925	4,06	2,237
3	4,261	27,529	23,268	4,58	2,703
3	9,293	21,331	12,038	2,26	2,178
3	9,293	21,331	12,038	2,50	1,291
4	2,500	13,660	11,160	2,71	1,878
4	5,617	13,901	8,284	1,57	1,409
4	5,677	10,949	5,272	0,94	0,566
4	5,677	10,949	5,272	1,08	0,588
4	7,213	27,163	19,950	4,81	2,362

Ueber die Verhältnisse der Endosmose zwischen zusammengesetzten Flüssigkeiten besitzen wir bis jetzt nur sehr wenige Untersuchungen, obgleich einleuchtend ist, daß die hieher gehörenden Fragen gerade für die Verhältnisse des Organismus von Interesse sind.

Es war vorauszusehen, daß der Zusatz von etwas Säure zur Zuckerslösung eine Abnahme des Volums der letzteren bedingt, wie Dutrochet wirklich fand, und daß der Zusatz von Säure zum Wasser, welches mit Zuckerswasser in endosmotischen Contact gebracht wird, das Volum des Zuckerswassers in viel höherem Grade, als wenn letzteres blos mit reinem Wasser in Berührung kommt, vergrößert. Solche bloße Volumbestimmungen, wie sie Dutrochet gegeben hat, lösen die Frage nur theilweise, indem es sich doch darum handelt, etwaigen Modificationen der Endosmose der Zuckermoleküle nachzuforschen.

Durch Zusatz von Gummi zur Kochsalzlösung wird die Endosmose schwächer, wie ich in einer Reihe von Experimenten gefunden habe. Ohne auf die Einzelversuche näher einzugehen, will ich blos bemerken, daß bei einem Gummigehalte von 14,85 Gramm Gummi in 100 K. C. M einer Lösung von Gummi und Kochsalz die Wasserendosmose = 75, die Salzendosmose = 70 ist, wenn die Wasser- und Salzendosmose zwischen Kochsalzlösung und Wasser 100 beträgt.

Schon Fischer bemerkte, daß der höhere oder tiefere Stand der Flüssigkeit in der Röhre des Endosmometers auf die Endosmose influire, dieselbe aber niemals ganz aufhebe. Aus diesem Grunde ist es bei genauen Endosmosenversuchen durchaus erforderlich, daß beide Flüssigkeiten beständig unter gleichem Drucke gehalten werden. Dutrochet's hieher gehörenden Versuche, mit der diesem Forscher eigenthümlichen Unklarheit angestellt, erblicken diesen Gegenstand durchaus nicht. Valentin fand, daß von Eiweißlösung um so mehr Eiweiß zum Wasser überging, je höher die Flüssigkeitssäule der Eiweißlösung war.

Der Einfluß des Druckes auf die Endosmose muß demnach noch genauer nachgewiesen werden, als es bis jetzt der Fall ist. Eine eigenthümliche Schwierigkeit bilden hierbei die Veränderungen, welche die Poren der Blase durch starken Druck ohne Zweifel erleiden. Es müssen hier zuerst die Erscheinun-

gen der Endosmose bei verstärktem, aber beiderseitig gleichem Druck untersucht werden, ehe man den Einfluß des einseitig verstärkten Druckes erforscht.

Die Versuche, welche Kürschner über den Einfluß der Schnelligkeit der Strömung der Flüssigkeiten auf die Endosmose mittheilt, aus denen er folgert, daß bei einem beständigen Strome die Flüssigkeit wenig abgibt und sehr viel aufnimmt, scheinen mir durchaus nichts zu beweisen.

Die chemische Verwandtschaft übt auf die Endosmose einen bedeutenden Einfluß aus. Wenn überhaupt bei jeder Endosmose Affinitäten ins Spiel kommen, da wir chemische Affinitäten gewiß nicht einseitig nur da annehmen können, wo eine sinnenfällige Veränderung oder Ausgleichung der Eigenschaften der zusammentreffenden Stoffe erfolgt, so muß natürlich bei starken chemischen Affinitäten die Endosmose um so wirksamer sein. Schon Fischer giebt an, daß, wenn eine diluirte Säure auf der einen Seite, auf der anderen Wasser, worin ein Metallstück eingetaucht ist, sich befindet, die Volumzunahme des Wassers in denselben Verhältnisse erfolgt, als die angewandte Säure das Metall aufzulösen im Stande ist. Zwischen starken Säuren und Wasser, welche eine bedeutende Anziehung zu einander haben, erfolgt die Endosmose sehr rasch.

Von merklichem Einfluß auf die Stärke der Endosmose ist endlich die Temperatur, indem nach Dutrochet bei Erhöhung derselben die Endosmose bedeutend zunimmt. Jolly findet es für wahrscheinlich, daß es Stoffe giebt, deren endosmotisches Aequivalent mit Erhöhung der Temperatur wächst, während bei anderen das Gegentheil erfolgt. Doch hat er diese Beobachtung nur beiläufig und mit zu geringen Temperaturdifferenzen gemacht und traut in dieser Hinsicht seinen Versuchen keine große Beweiskraft zu.

In nächster Beziehung zu den Versuchen über Imbibition und Endosmose stehen diejenigen über die Filtration von Flüssigkeiten durch poröse Membranen. Auch hier sind zahlreiche Versuche im Interesse der Wissenschaft recht sehr zu wünschen. Wenn das Absorptionsvermögen und die Stärke der Endosmose bei verschiedenen Flüssigkeiten verschieden ist, so muß dasselbe der Fall sein hinsichtlich der Erscheinungen der Filtration.

Nach Liebig fließt durch eine Ochsenblase von $\frac{1}{10}$ Linie Dicke Wasser unter einem Druck von 12 Zoll Quecksilber, gesättigtes Kochsalzwasser erst bei einem Druck von 18 — 20, Del bei 34 Zoll. Unter einem Druck von 48 Zoll fließt Alkohol noch nicht aus. Durch den Bauchfellüberzug einer Ochsenleber von $\frac{1}{20}$ Linie Dicke fließt nach demselben Forscher.

Wasser bei einem Druck von 8 — 10 Zoll Quecksilber

Salzwasser " " " 12 — 16 " "

Del " " " 22 — 24 " "

Alkohol " " " 36 — 40 " "

Zugleich beobachtet man, daß bei fortgesetzten Versuchen, bei längerer Berührung der Membran mit den Flüssigkeiten die Filtrirbarkeit größer wird.

Von gemischten Flüssigkeiten treten die Stoffe in ungleichförmigem Verhältnisse aus. Sömmerring's bekannter Versuch zeigt, daß Weingeist in eine Blase eingeschlossen und der Luft ausgesetzt, fast blos Wasser verliert, so daß fast wasserfreier Alkohol zurückbleibt. Doch läßt die Blase immer auch etwas Alkohol verdunsten. Diese Thatsache wird erklärlich, wenn wir die großen Verschiedenheiten des Absorptionsvermögens der Blase für Wasser und Alkohol betrachten.

Wegen der großen Affinität der thierischen Membranen zum Wasser wird die Verdunstung des letzteren nicht gehindert, selbst wenn das Wasser von der Atmosphäre durch eine Blase getrennt ist. Indem letztere sich mit Wasser imprägnirt, verdunstet das auf der äußeren Fläche der feuchten Membran befindliche Wasser und zieht das in den inneren Schichten der Membran enthaltene Wasser nach sich, welches wieder von der die innere Fläche der Membran berührenden Wasserschicht ersetzt wird.

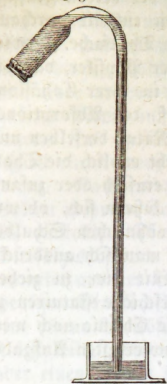


Fig. 53.

Nimmt man eine Röhre, welche an dem einen Ende erweitert und umgebogen und daselbst mit einer Membran verschlossen ist und füllt die ganze Röhre mit Wasser, während der engere Schenkel in Quecksilber gestellt und die Blase dem Contact der Luft ausgesetzt wird, so steigt das Quecksilber in dem engeren Schenkel bis zu einer gewissen Höhe, da der Apparat durch Verdunstung Wasser verliert und das Quecksilber den Raum des verdunstenden Wassers einnimmt.

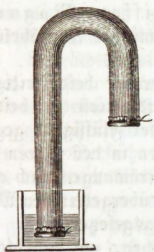


Fig. 54.

Die Verdunstung wirkt so stark, daß wir durch dieselbe einen Uebergang vom Salzwasser zum Wasser, also eine Umkehrung der gewöhnlichen endosmotischen Störung eintreten lassen können, wie ein Versuch L i e b i g 's zeigt. Stellt man nämlich den einen Schenkel einer mit Wasser gefüllten und mit Blase an beiden Enden verschlossenen gebogenen Röhre in ein Gefäß mit Salzwasser, während der andere Schenkel frei ist, so wird der Raum des durch die freie Membran verdunstenden Wassers durch Salzwasser eingenommen. Stellt man den längeren Schenkel der mit Wasser gefüllten Röhre in Del, so füllt sich die Röhre allmählig mit Del an.

Verbindet man die Verdunstungsröhre mittelst Kautschukröhren mit Röhren, welche mit Wasser gefüllt und an beiden Enden mit Blase verschlossen sind, und taucht das unterste Röhrenstück in Salzwasser, Del u. s. w., so füllen sich allmählig alle diese Röhrenabtheilungen und zuletzt die Verdunstungsröhre selbst, mit Salzwasser oder Del an.

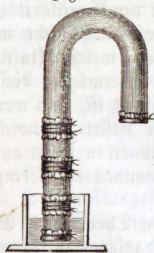


Fig. 55.

Die Verdunstung ist demnach ein wirksames Mittel, um Flüssigkeiten an die Stelle der verdunsteten Stoffe nachzuziehen. Dieses Moment ist auch im Organismus wirksam. An Stellen, wo eine Verdunstung stattfindet, an den äußeren Bedeckungen und im Respirationsapparat, wird durch diesen Proceß der Austritt von Stoffen aus dem Blute befördert.

Es kann meine Absicht nicht sein, an diesem Orte die verschiedenen Theorien, welche die Physiker über die Endosmose aufgestellt haben, in ihrer historischen Entwicklung aufzuzählen; wohl aber ist ein kurzes Eingehen in das, was sich aus den zahlreichen Debatten bis auf die heutige Zeit erhalten hat, erforderlich.

Die Endosmose ist in ihrem Endresultat eine Function verschiedener, freilich ebenfalls nicht einfacher Kräfte, und zwar haben wir zu betrachten 1) die Anziehung, welche die Moleküle jeder Flüssigkeit auf sich selbst aus-

üben, 2) die Anziehung, welche die poröse Zwischenwand auf die Moleküle jeder der beiden Flüssigkeiten zeigt und 3) die Anziehung der beiden Flüssigkeiten gegen einander. Die Annahme solcher Anziehungen enthält durchaus nichts Hypothetisches, sie ist im Gegentheil eine erwiesene Thatsache. Erwiesen ist durch zahlreiche und verschiedenartige Erfahrungen der Physiker, daß die verschiedenen Flüssigkeiten bedeutende Differenzen zeigen in ihrer Cohäsion; erwiesen ist aus den oben mitgetheilten Versuchen, daß die Absorptionsfähigkeit und Filtrirbarkeit der Flüssigkeiten je nach der Natur derselben und der Membran sehr verschieden ist, und nicht minder fest steht endlich die Thatsache, daß bei der Mischung von Flüssigkeiten, seien sie einfach oder zusammengesetzt, Attractionskräfte auftreten. Diese Letzteren äußern sich, ob wir es mit Vorgängen zu thun haben, die man nach dem gewöhnlichen Schulbegriff Chemische nennt, oder mit solchen, bei denen, wie man sich ausdrückt, blos physikalische Kräfte im Spiel sind. Eine Gränzlinie hier zu ziehen ist unmöglich, und der bloße Versuch, hier strenge Unterschiede statuiren zu wollen, zeigt deutlicher, als irgend ein Beispiel, daß die Chemie noch weit entfernt ist von ihrer höchsten, aber auch bei weitem schwierigsten Aufgabe, einer exacten Theorie der chemischen Verbindungen.

Es ist nun möglich, gestützt auf diese Prämissen, ein Schema des endosmotischen Processes zu entwerfen und Gelehrte, wie Poisson, Magnus, Brücke, Liebig, Jolly u. A. haben mit mehr oder minder Ausführlichkeit und Erfolg diese Aufgabe erfüllt.

Die poröse Zwischenwand wird demnach von jeder der beiderseitigen Flüssigkeiten etwas resorbiren nach Maaßgabe ihrer Attraction zu beiden Flüssigkeiten und der Attraction, welche die Moleküle jeder Flüssigkeit gegen sich selbst ausüben. Durch den Contact beider Flüssigkeiten in den Poren der Membran muß ein Austausch erfolgen in Form zweier Strömungen nach entgegengesetzten Richtungen. Die zu der anderen Flüssigkeit übergetretenen Moleküle vermischen sich mit derselben nach einfachen Mischungsgesetzen.

Man sieht, es ist noch ein großer Schritt zu machen, um von dieser Darstellung, die im Allgemeinen richtig sein mag, aber eben wegen ihrer Allgemeinheit nicht befriedigen kann, zu einer genügenden Erklärung unseres Phänomens zu gelangen. Zuerst haben wir keine Vorstellung über die Molekularbeschaffenheit der Membran. Eine Vergleichung mit den Capillaritätserscheinungen ist im Allgemeinen wohl zulässig, wenn wir auch nicht mit Dutochet so weit gehen dürfen, daß wir die Steighöhen, welche Flüssigkeiten in Haarröhrchen zeigen, mit dem endosmotischen Vermögen dieser Flüssigkeiten parallelisiren, ein Versuch, der durchaus mißglückt ist, und wenn wir auch Poisson's ebenfalls auf die Capillaritätsgesetze basirte Entwicklung des Vorganges verlassen müssen, da die gelehrte Deduction jenes ausgezeichneten Physikers nur im Stande war, das Zustandekommen eines einzigen Stromes zu erklären.

Wir sind noch so weit entfernt von einer genügenden Theorie der Endosmose, daß wir bis jetzt noch nicht dahin gelangt sind, darlegen zu können, warum das Verhältniß der sich austauschenden Stoffe für alle Concentrationsgrade der Lösungen dasselbe bleibt, und doch wird ein tüchtiger Analytiker, fußend auf dem jetzt empirisch bewiesenen Gesetze der Abhängigkeit der Endosmose von der Concentration der Flüssigkeiten diese Aufgabe lösen können.

Es ist hier der Platz, noch einer Vorstellung zu erwähnen, welche man sich früher gemacht hatte, nämlich daß bei der Endosmose beide Flüssigkeiten in toto übergehen, eine Vorstellung, welche Jerichau und Brücke genü-

gend beseitigt haben. Ersterer fand, daß bei zwei gleichconcentrirten Lösungen von Mimosenkummi und Zucker das specifische Gewicht des Zuckers vermindert wird, eine Thatsache, die evident zeigt, daß die Flüssigkeiten nicht in toto durch die Membran gehen. Brücke fügte noch mehrere Versuche hinzu, welche dasselbe beweisen. Er verschloß einen Endosmometer mit einer vorher mit starker Lösung von dritteleffigsaurem Bleioryd imprägnirten Membran. Der Apparat wurde mit einer Lösung von doppeltchromsaurem Kali gefüllt und in die benannte Bleilösung gestellt. Es entstand schnell ein Niederschlag in der Substanz der Blase, nicht aber in den Flüssigkeiten. Nachdem zu der Bleilösung Zucker zugesetzt wurde, nahm ihr Volum mehrere Tage zu, ohne daß in beiden Flüssigkeiten ein Niederschlag sich einstellte. Die Endosmose von der Lösung des Chromsalzes zu der des Bleisalzes bestand demnach blos in reinem Wasser. Wurde nun das Endosmometer aus der Bleilösung entfernt und in Wasser gesetzt, welches mit den wenigen Tropfen Bleilösung, die der Außenfläche des Apparats anhängen, eine dünne Bleilösung bildete, so entstand schnell ein Niederschlag. — Zwei Flüssigkeiten, die nicht miteinander mischbar sind, wie Del und Wasser, die aber einen dritten Körper, z. B. ein Salz, auflösen können, gleichen sich dennoch in ihrem Salzgehalt aus und zwar bis beide gleiche Bruchtheile der Quantitäten des gelösten Körpers enthalten, welche sie unter den gegebenen Verhältnissen auflösen können. —

Betrachten wir die durch die Endosmosenexperimente erhaltenen Thatsachen, insofern sie von Bedeutung für die Physiologie sind, so wird Niemand zu dem Geständniß bereitwilliger sein, daß damit erst ein sehr schwacher Anfang gemacht ist zur Aufklärung der Lebensvorgänge, als gerade derjenige, welcher solche Versuche in größerem Umfang angestellt hat. So gering auch die bis jetzt erhaltene Ausbeute ist, so dürfen wir die Hoffnung nicht aufgeben, auf diesem Wege zu reellen und für die Physiologie verwertbaren Thatsachen zu gelangen, ja unsere Hoffnung wird um so mehr bestärkt werden, wenn wir bedenken, daß bis jetzt nur sehr wenige Fragen untersucht und entschieden, und daß sehr viele Untersuchungen von einem Standpunkt aus angestellt worden sind, der keinen Berührungspunkt mit eigentlich physiologischen Fragen bietet. Das wenige Thatsächliche, welches wir heute über diesen wichtigen Gegenstand besitzen, kann ebensowenig als die vielen verkehrten Anwendungen, die man mit endosmotischen Erscheinungen auf den Organismus gemacht hat, ein Beweismittel abgeben, daß endosmotische Studien für die Physiologie nicht von großem Nutzen seien.

Die Frage, ob die Geseze der Endosmose sich auf die Lebensvorgänge anwenden lassen, unterliegt übrigens bei der Mehrzahl der heutigen Physiologen keinem Zweifel mehr. Die Einwürfe und Declamationen der Gegner über Beeinträchtigung des Organismus durch die »Todesgeseze« können wir hier um so eher übergehen, als von dem jetzigen Standpunkt der Wissenschaft aus mit denselben eigentlich gar keine Verständigung möglich ist. Als ehrenwerthe Ausnahme müssen hier jedoch Böcker's Ansichten erwähnt werden, die sich auf positive Versuche gründen, aus denen der Verfasser den Beweis glaubt herleiten zu dürfen, daß die Endosmose im lebenden Körper keine Rolle spielt¹⁾.

Er experimentirte in der Art, daß er Darmschlingen lebender Thiere

¹⁾ S. Böcker's Versuche über Endosmose und Exosmose an lebenden Thieren in Griesfeldt's Hygiea 1846. Band 21 und 22.

mit Lösungen von Stoffen füllte, und sodann diese Darmportionen in Flüssigkeiten tauchte, welche empfindliche Reagentien der in dem Darminhalt befindlichen Stoffe enthielten. Böcker konnte bei dem lebenden Thiere keine Färbung wahrnehmen, wohl aber trat, wie es sich von selbst versteht, bei Darmschlingen todtter Thiere in der Regel sehr schnell die erwartete Reaction ein. Böcker stellte die Mehrzahl seiner Experimente an Fröschen an, deren Därme übrigens zu solchen Versuchen weniger geeignet sind, als die Gedärme größerer Thiere. Wir wollen einige dieser Versuche hier anführen.

Im ersten Versuch wurde der mit schwefelsaurer Eisenlösung gefüllte Darm in eine Flüssigkeit gesenkt, welche blausaures Eisenkali enthielt; innerhalb 20 Minuten zeigte sich weder in der Darmwandung, noch in den Blut- und Lymphgefäßen, blaue Färbung. Nachdem das Thier getödtet war, färbten sich die Wandungen in einer halben Stunde blau.

Beim dritten Versuch, in welchem der Darm blausaures Eisenkali, die äußere Flüssigkeit schwefelsaures Eisen enthielt, war beim lebenden Thiere innerhalb einer halben Stunde keine Färbung zu bemerken.

Im vierten Versuche wurde einer Kaze eine Lösung von blausaurem Eisenkali in die Harnblase eingebracht; nach 25 Minuten wurde die Unterleibshöhle geöffnet und die Oberfläche der Harnblase mit einer Lösung von schwefelsaurem Eisen befeuchtet. Innerhalb 15 Minuten erfolgte keine Färbung der Blasenwandung. Nachdem das Thier getödtet war, wurde die Blase entfernt, unterbunden und in die Eisenlösung getaucht, worauf sich die Färbung sehr schnell zeigte.

In einer Reihe von Experimenten mit chromsaurem Kali und essigsau-rem Blei zeigte sich bei lebenden Thieren innerhalb 20 — 25 Minuten keine Färbung der Darmwandungen.

Diese Versuche müssen übrigens mit Vorsicht angestellt werden und namentlich muß man sich hüten, zu stark concentrirte Lösungen zu gebrauchen, welche die Darmwandungen schnell angreifen. Trotzdem werden solche Versuche nicht selten ein anderes Resultat geben, als erwartet wird.

Die von Böcker mitgetheilten Thatfachen, selbst wenn sie durch nachfolgende Prüfungen noch manche Einschränkung erfahren sollten, sind ganz interessant, aber sie beweisen durchaus nicht, was der Verfasser beweisen will, nämlich die Unstatthaftigkeit der Uebertragung des endosmotischen Gesetzes auf den Organismus. Es kann sich bei dem lebenden Thiere in der Regel aus dem einfachen Grunde keine Färbung in der Darmwandung zeigen, weil die Blutgefäße die Stoffe, die sie resorbirt haben, sogleich weiter führen. Würden die Blutgefäße, die zu der Darmschlinge gehen, vorher unterbunden, so würde ohne Zweifel die Färbung nicht sehr lange auf sich warten lassen. Außerdem dürfen wir nicht übersehen, daß das Epithelium der Serosa, so lange es unverfehrt ist, möglicherweise dem Uebergang gewisser Stoffe sich widersetzt.

Der Schluß, daß das Leben den physikalischen, oder wie man so gerne sagt, den Todesgesetzen sich widersetzt, kann deshalb aus Böcker's Versuchen nicht abstrahirt werden, wohl aber liefern dieselben werthvolle und sehr dankenswerthe Thatfachen über die Resorptionsercheinungen überhaupt.

Es öffnet sich durch endosmotische Versuche am lebenden Körper ein weites Feld der Forschung, welches reiche Ausbeute verspricht, z. B. durch Injection von Flüssigkeiten in unterbundene Darmportionen lebender Thiere und Ermittlung der aus der Darmhöhle in das Blut übergegangenen Stoffmengen, oder durch Endosmosenversuche an der unversehrten oder durch ein

Vesicator ihres Epitheliums beraubten äußeren Haut, Versuche, die wir sehr bequem an uns selbst anstellen können.

Auf die fundamentalste Frage, die uns bei den Erscheinungen der Transsudation, überhaupt des gesammten Stoffwechsels, in erster Reihe entgegentritt, warum nämlich in jedem Körpertheile nur gewisse Stoffe aus dem Blute transsudiren, können wir, wie schon früher bemerkt, zwar eine nicht ganz ungenügende Antwort durch Hinweisung auf analoge Verhältnisse der Endosmose und Imbibition ertheilen, doch geben wir gerne zu, daß damit für specielle Fälle noch nichts gewonnen ist. Wenn wir das Absorptionsvermögen der Membranen für verschiedene Flüssigkeiten sehr verschieden gefunden, wenn wir ferner gesehen haben, daß die Art und die Stärke der Endosmose sich wesentlich nach der Beschaffenheit der Zwischenwand richtet, und daß bei der Endosmose die Lösungen nicht in toto übergehen, so haben wir wenigstens allgemeine Anhaltspunkte, welche uns darauf hinweisen, daß bei den Vorgängen der Transsudation die Natur der Scheidewand von bestimmendem Einfluß ist, und eine Analogie mit den Erscheinungen im Organismus, wo wir ebenfalls bemerken, daß das Blut nicht in Substanz und unverändert in die Organe übergeht. Wir brauchen deshalb zu einer instinctmäßigen Auswahl der Stoffe, mit der man in der Pflanzen- und Thierphysiologie so häufig die Frage abzuschneiden gesucht hat, unsere Zuflucht nicht zu nehmen, wenn wir bei verwandten Vorgängen analoge Erscheinungen antreffen.

Man glaubte in neuerer Zeit die Specificität der Absonderungen dadurch besser erklären zu können, daß man das Wesen des Secretionsprocesses als eine Verflüssigung des Secretionsorgans auffaßte, eine Ansicht, für welche Forscher wie Goodsir, Henle, Leveboullet und Andere eingetreten sind. Niemand wird leugnen, daß dadurch unsere Kenntniß des Secretionsprocesses einen Fortschritt gemacht hat; der Erklärung der Specificität der Absonderungen sind wir aber damit um keinen Schritt näher gerückt, und wir haben dadurch die Frage nur weiter hinausgeschoben, denn die Anhänger jener Ansicht sind nicht im Stande, specieller darzuthun, warum die Absonderungscanäle auskleidenden Zellen die specifischen Absonderungsproducte aus dem Blute in sich aufnehmen und dieselben theilweise chemisch verändern.

Die Se- und Excretionen als bloße Ausscheidungen, Filtrirproducte aus dem Blute zu betrachten, ist im Allgemeinen nicht gestattet, denn wir finden bekanntlich manche Stoffe in den Ausscheidungen, die im Blute nicht vorhanden sind. Doch unterliegt es keinem Zweifel, daß nicht wenige Bestandtheile der Ausscheidungen von diesem einfachen Gesichtspunkt aus zu betrachten sind, denn wir sehen, daß dieselben bei ihrem Durchgang durch das Secretionsorgan keine chemischen Veränderungen erleiden und daß die Quantität ihrer Ausscheidung von der Blutmischung abhängig ist. Wenn wir auch die Hoffnung haben dürfen, daß rein physikalische Studien über Endosmose und Filtration noch über manche Eigenthümlichkeiten des Secretionsprocesses Aufschluß geben werden, so dürfen wir doch die chemische Seite dieses Phänomens nicht vernachlässigen und die Erwartung hegen, daß weitere Fortschritte der Chemie über die in den Secretionsorganen bei der Transsudation der Stoffe aus dem Blut eintretenden Veränderungen Aufschluß geben können.

Vergleichen wir die chemische Zusammensetzung der Aussonderungen mit der Blutmischung, so finden wir hinsichtlich des Durchlassungsvermögens der einzelnen Secretionsorgane für die verschiedenen transsudirenden Bestandtheile die enormsten Differenzen, indem in jedem speciellen Absonderungsorgane

gewisse Stoffe im Vergleich zu ihrem Vorkommen im Blute in unverhältnißmäßig größeren Proportionen austreten, als andere. Wäre uns die mittlere Blutmenge bekannt, welche in einer bestimmten Zeit ein Secretionsorgan durchströmt, so könnten wir durch die Vergleichung der in derselben Zeit ausgeschiedenen Bestandtheile des Secretes zu einer ganz exacten Kenntniß der Transsudationsfähigkeit jedes einzelnen Stoffes gelangen. Es scheint ein allgemeines Gesetz zu sein, daß den jeder Secretion eigenthümlichen Bestandtheilen auch das größte Durchlassungsvermögen gestattet ist. So wird z. B. in den Nieren verhältnißmäßig viel mehr Harnstoff, als andere Blutbestandtheile, ausgeschieden. Es ist schwer, diese Thatsache ohne die Annahme einer besonderen chemischen Verwandtschaft dieser specifischen Secretionsstoffe zu der Drüsensubstanz einzusehen.

So wie der Concentrationsgrad der Flüssigkeiten auf die Stärke der Endosmose von Einfluß ist, so muß auch die Proportion, in welcher ein Stoff im Blute vorkommt, auf dessen Ausscheidung von Einfluß sein. Die exacte Bestimmung des Verhältnisses der Secretionsstoffe zur Blutmischung ist eine schöne Aufgabe für die Physiologie, und die nothwendige Grundlage einer wissenschaftlichen Theorie der Secretionen. Schon die einfache Vergleichung der mittleren Blutmischung und der chemischen Constitution der Secrete giebt hierüber nicht unwichtige Aufschlüsse, doch haben wir es hier mit zu engen Gränzen zu thun, die uns eine genauere Einsicht in die Sache erschweren. Mittelft künstlicher Veränderung der Blutmischung können wir unsere Frage auf wünschenswerthe Weise untersuchen. Experimente, welche ich mit meinem Freunde Professor Wellzien hier selbst vor einiger Zeit angestellt habe, an deren Fortsetzung wir leider durch äußere Umstände verhindert wurden, zeigten, daß durch Injection von Kochsalzwasser in das Blut der Thiere eine enorme Erhöhung des Kochsalzgehaltes des Urines auftritt, eine Erhöhung, welche mit der Vermehrung des Kochsalzgehaltes des Blutes nicht im Verhältniß steht. So wurden einem Pferde in 304 Kubikcentimeter 89 Gramme Kochsalz innerhalb 25 Minuten, in die Jugularis injicirt. Der Urin des Thieres enthielt 30 Minuten nach der Injection in 100 Kubikcentimeter 0,713, nach einer Stunde 0,707 und nach $1\frac{1}{2}$ Stunden 0,776 Gramme Chlornatrium, während der normale Urin desselben in 100 Kubikcentimeter etwa 10, höchstens 15 Centigramme enthält. Eine weitere auffallende Erscheinung ist hierbei, daß die Sulphate trotz der stark vermehrten Kochsalzausscheidung weder eine Vermehrung, noch eine Verminderung zeigten.

Nicht minder wird die Transsudation verändert durch Injection von reichlichen Quantitäten Wasser in das Blut. Es bilden sich sehr schnell an vielen Stellen des Körpers abnorme Ausschwignngen. Es wäre von Interesse, die chemische Zusammensetzung der letzteren im Vergleich zu der Blutmischung und der Quantität des injicirten Stoffes zu untersuchen.

An diesen Ausschwignngen scheint übrigens auch der erhöhte Druck, welcher in Folge der durch die Injection gesetzten stärkeren Spannung des Gefäßsystems entstehen muß, Theil zu haben. So wie bei den Vorgängen der Filtration und Endosmose die Stärke des Druckes von wesentlichem Einfluß ist, so scheint auch dieses Moment im Organismus von Wichtigkeit zu sein. Wir wissen, daß die Gallenausscheidung bei Asphyktischen, überhaupt wenn man die Athembewegungen einige Zeit willkürlich einstellt, bedeutend zunimmt. Eine der nächsten Folgen der Athembemmung ist eine stärkere Anfüllung des Venensystems, also auch ein stärkerer Druck, unter dem das Ve-

nenblut circuliren muß, und dieser macht sich besonders in den Lebergefäßen geltend. Eine Zunahme der Gallensecretion muß davon die einfache Folge sein.

Warum ist nach reichlicher Mahlzeit einer weiteren Aufnahme von Nahrungsmitteln eine Gränze gesetzt? Man kann von Stimmungen des Nervensystems sprechen, dessen Einfluß hier gewiß nicht zu verkennen ist, aber die Erscheinung hat auch ihren physicalischen Grund. Durch die Stoffaufnahme wird die Blutmasse vermehrt, was ohne Zweifel einen stärkeren Druck auf die Gefäßwandungen zur Folge hat, wodurch der Uebergang von Stoffen in die Gefäße erschwert wird.

Wir haben die Beziehungen des Blutes zu den Körpertheilen in der Art aufzufassen, daß wir eine gegenseitige Attraction zwischen Blut und Parenchym, oder richtiger ausgedrückt zwischen den einzelnen Bestandtheilen des Blutes und des Parenchyms annehmen müssen. Die in neuerer Zeit geführten Debatten über die Entzündung haben über diesen Punkt einiges Licht verbreitet. Es kann keinem Zweifel unterworfen sein, welcher von den beiden hauptsächlichsten, sich entgegensetzenden Theorien über jenen pathischen Proceß der Vorzug gebühre, der Nerventheorie oder der sogenannten Attractionstheorie. Eine nähere Vergleichung der Vorgänge der Endosmose mit denen des Stoffwechsels wird aber dem vagen Worte: Attraction zwischen Blut und Parenchym, einer Bezeichnung, zu der auch die mystische Physiologie, die sich mit unklaren Polaritätsideen und dergleichen trägt, sich als Anhänger bekannt hat, eine concrete und schärfere Bedeutung verleihen.

Es existirt allerdings eine Attraction zwischen den Bestandtheilen des Blutes und des Parenchyms, so wie es eine Attraction zwischen zwei durch eine Membran geschiedenen Salzlösungen giebt. Die Analogie in beiden Fällen ist so vollkommen, daß wir gar keinen Unterschied machen können. Diese gegenseitige Attraction ist die Folge der chemischen Differenz beider Theile, wodurch das Bestreben entsteht, diese Differenz auszugleichen; der Vorgang wird modificirt von dem Durchlassungsvermögen der Theile für die Blutbestandtheile, gerade wie bei der Endosmose. Die Verhältnisse des Organismus begünstigen übrigens bei den Vorgängen der Ernährung und der Secretion den Strom von den Capillargefäßen nach Außen, während sie den Strom in umgekehrter Richtung erschweren und zwar aus dem Grunde, weil der Druck, unter welchem das Blut in den Capillargefäßen circulirt, die Spannung der in den Organen enthaltenen Ernährungsflüssigkeiten um etwas übertrifft, sowie auch der Druck, unter welchem die Lymphe in ihren feinsten Gefäßen fließt, geringer ist, als der Blutdruck in den Capillargefäßen. Beide Momente begünstigen somit das Austreten von Plasma aus den Haargefäßen. Die Stoffe, welche aus dem Blute transsudiren, hängen demnach in Quantität und Qualität ab von der chemischen Zusammensetzung des Organtheiles und der Lymphe und von der Spannung, unter welcher beide stehen.

Es ist somit das einfache Bestreben zur Ausgleichung der chemischen Differenzen und des Druckes, welches den Stoffwechsel vermittelt.

Der Stoffwechsel der tropfbaren Flüssigkeiten und der in denselben gelösten Stoffe gehorcht denselben Gesetzen, die wir hinsichtlich des Austausches der gasförmigen Bestandtheile des Organismus kennen. Hat ein Organtheil durch verstärkte Functionsäußerung eine stärkere Stoffmetamorphose erlitten, hat sich in deren Folge eine größere Kohlenensäurequantität gebildet, so wird

dieses Plus von Kohlensäure mit um so größerer Energie in das Blut übergehen; ebenso wird der Defect an Bestandtheilen des Organtheiles, welcher durch die Zunahme der Stoffmetamorphose des Organes erfolgt ist, durch einen um so reichlicheren Uebergang der erforderlichen Blutbestandtheile in das Parenchym ersetzt werden. Ist die Functionsäußerung des Organes gering, so wird auch seine Stoffmetamorphose weniger rapid sein; die Differenz zwischen Blut und Organ ist somit geringer, und das letztere entzieht dem Blute verhältnißmäßig weniger Bestandtheile. In Folge stärkerer Stoffmetamorphose des Organes ist aber die chemische Differenz zwischen Blut und Organ größer, das Blut enthält alsdann verhältnißmäßig viel mehr plastische Bestandtheile, woraus eine Vermehrung der Transsudation in das Parenchym als nächste Folge sich ergibt.

Die chemische Constitution des Blutes und der Organe stehen sonach in inniger Wechselwirkung; der eine Factor kann keine, auch nicht die allgeringste Veränderung erfahren, ohne daß der andere an derselben sogleich Theil nimmt. In dem richtigen Verhältnisse beider Factoren beruht die Möglichkeit des normalen Stoffwechsels, der Gesundheit. Eine Blutmischung, die zu den Organen jetzt in richtigem Verhältnisse steht, kann zu einer anderen Zeit eine krankhafte sein; eine Blutmischung, welche für das eine Individuum Gesundheit bedingt, kann für ein anderes bedeutende Gesundheitsstörungen bedingen. Daraus entnehmen wir, daß der Begriff der krankhaften Mischung des Blutes kein absoluter ist, sondern nur relative Geltung hat. Man kann nur, wenn die Blutmischung gewisse Gränzen überschreitet, behaupten, daß dieselbe absolut krankhaft sei, die pathische Bedeutung vieler anderen Blutkrasen ist nur nach den speciellen Verhältnissen, nach dem gleichzeitigen Zustand der Organe zu würdigen. Mit diesem Grundsatz wird man über nicht wenige Verlegenheiten hinwegkommen, in welche manche neuere pathologischen Systematiker gerathen sind, welche die Ergebnisse der Analysen des kranken Blutes als in sich abgeschlossene Thatsachen ohne Rücksicht auf den übrigen Organismus aufgefaßt haben.

Die auf physikalischen Gründen beruhende Attraction des Blutes durch die Organe ist ein Unterstützungsmittel und Regulator des Capillarkreislaufes; die Gesetze der Endosmose sind auch für die Physiologie der Circulation des Blutes von Bedeutung. Ohne eine solche Annahme können wir die Erscheinungen und das Zustandekommen der Turgescenz der Organe, bei welchen wir keine mechanischen Hülfsmittel zur Blutanhäufung wahrnehmen, nicht erklären. Jeder Körpertheil, der momentan eine stärkere Stoffmetamorphose erleidet, wo also eine größere Differenz des Druckes und der Mischung zwischen Blut und Organ existirt, muß aus diesem Grunde auch einen stärkeren Blutzufluß empfangen.

Die Attraction zwischen Blut und Parenchym kann so sehr gestört werden, daß eine momentane oder dauernde Stockung des Blutes in den Capillaren die nothwendige Folge ist. Thomson und Andere haben nach Application starker Stoffe, z. B. von Salmiakgeist, auf die Schwimmhaut der Frösche Blutstockungen entstehen sehen. Die Ursache dieser Erscheinung kann keine andere sein, als daß die Natur des Parenchyms durch Aufnahme ganz fremdartiger Substanzen plötzlich so stark verändert wurde, daß der normale Stoffwechsel gänzlich verändert und selbst aufgehoben werden mußte.

Magendie erklärt die Entstehung der Blutstockung in manchen Organen bei seinen bekannten Versuchen mit defibrinirtem Blute dadurch, daß die durch die Entfernung des Faserstoffes aufgehobene Viscosität des Blutes dem letzteren die Circulation durch die Capillargefäße nicht mehr gestattet. Er postulirt eine gewisse Klebrigkeit des Blutes, wenn dasselbe ohne Schwierigkeiten circuliren soll. Wir müssen diese Thatsache von einem weniger beschränkten Standpunkt auffassen und dahin erklären, daß jede plötzliche Veränderung der Blutmischung den Stoffwechsel an mehreren Punkten des Organismus stören muß, ein Resultat, welches wir auch durch Injectionen, welche die Viscosität des Blutes nicht verändern, erzielen können.

Man hat die verschiedenartigsten Ansichten aufgestellt, um die Entstehung der Blutstockung bei der Entzündung zu erklären. Es wurden von verschiedenen Forschern verschiedene Momente zu Hülfe gerufen, von denen fast alle mehr oder weniger Beachtung verdienen. Ein Hauptmoment aber bildet hierbei ganz bestimmt der Zustand des zu dem Organ gehörenden Abschnittes des Lymphsystems. Wir finden in der That bei Entzündungen Anfüllung der Lymphgefäße und Anschwellung der respectiven Lymphdrüsen. Nehmen wir nun an, daß dieses Moment das erste oder eines der ersten bei dem gesammten Proceß ist, daß vor Allem ein gestörter Abfluß der Lymphe des Organes stattfindet, so ist die nächste Folge eine Stagnation der das franke Organ durchtränkenden Ernährungsflüssigkeit, wodurch die Transsudation von Stoffen aus dem Blute in das Parenchym des Organes erschwert oder selbst unmöglich gemacht wird.

Zu den zugänglichsten Untersuchungen über die Endosmose an lebenden Thieren gehört das Studium der Resorptionserscheinungen im Darmcanal. So vieles auch hier schon von experimenteller Seite geleistet worden ist, so sind doch viele Punkte, namentlich die Gränze der Lymph- und der Venenresorption nicht entschieden. Man ist hier in den Fehler verfallen, die Fragen in der Art zu stellen, daß sichere Schlüsse von den erhaltenen Resultaten auf die Verhältnisse im gesunden Körper nicht möglich waren. Wenn man nämlich die von einer Darmportion kommenden Lymphgefäße unterbindet und die Blutgefäße verschont, so wird man auf diese Weise kein reines Resultat über das Resorptionsvermögen der Blutgefäße, und eben so wenig bei umgekehrtem Verfahren eine sichere Einsicht in das Resorptionsvermögen der Lymphgefäße bekommen. Wir dürfen bei solchen Versuchen nicht vergessen, daß wir es mit ganz abnormen Verhältnissen zu thun haben, und daß sehr leicht Stoffe, deren gewöhnlicher Resorptionsweg durch die Unterbindung verschlossen ist, alsdann den anderen einzig noch offen gelassenen Weg wählen können. Wir haben dafür Analogien im Organismus. Die färbenden Bestandtheile der Galle, der Harnstoff, werden in der Norm nur durch die Leber und Nieren ausgeschieden, wenn aber diese Abzugscanäle verschlossen sind, so sehen wir, daß auch andere Organe, welche sonst diese Stoffe nicht ausscheiden, denselben den Durchgang gestatten.

Wir haben oben die Ansicht ausgesprochen, daß nach einer starken Mahlzeit die Anfüllung der Blutgefäße der weiteren Stoffaufnahme aus dem Verdauungscanal in das Blut eine Gränze setzt. Außer dieser mechanischen Ursache scheint hier auch ein anderes, ebenfalls einem endosmotischen Gesetze folgendes Moment wirksam zu sein, welches den weiteren Uebergang von Stoffen in das Blut verhindert. Boussingault hat nämlich durch Ver-

suche an Enten (Annal. de Chim. 3 Sér. Tom. 18) bewiesen, daß diese Thiere von Fett, welches die Nahrung enthielt, nur eine gewisse Menge aufnahmen, während der Ueberschuß in den Excrementen unverbraucht abging. Der Fettgehalt des Blutes ist hier während der Verdauung auf sein Maximum gestiegen, wodurch eine weitere Endosmose von Fett aus dem Darmcanal ins Blut unmöglich wurde.

Auf eine sehr beachtenswerthe, mit den Erscheinungen der Endosmose in Zusammenhang stehende und durch dieselben erklärbare Thatsache bei der Darmresorption hat Liebig aufmerksam gemacht. Nach dem Trinken einer größeren Quantität Wasser, dessen Salzgehalt geringer ist als derjenige des Blutes, wird sehr schnell die Harnmenge vermehrt. Das Wasser geht in diesem Fall also sehr schnell in das Blut über. Nach dem Trinken von Wasser, welches etwa 1 Proc. Kochsalz enthält (ein Salzgehalt, welcher dem des Blutes nahe steht) tritt eine solche Harnentleerung nicht ein: wir können von diesem Wasser aber auch viel weniger aufnehmen, als von reinem Brunnenwasser, weil das erstere viel langsamer in das Blut übergeht und den Magen belästigt. Trinkt man dagegen concentrirteres Salzwasser, so tritt Purgiren ein, und zwar um so stärker, je concentrirter die Flüssigkeit ist. In gleicher Weise verhalten sich, nach Liebig, Salzösungen und Wasser, welche mittelst Klystiere in den Mastdarm aufgenommen werden. Man wird vielleicht finden, daß bei den Mittelsalzen die purgirende Wirkung mit den endosmotischen Aequivalenten in einigem Zusammenhang steht, wenigstens zeigen, wenn wir Jolly's oben aufgeführte Versuchsreihe betrachten, Glaubers- und Bittersalz ein höheres endosmotisches Aequivalent als Kochsalz, welches an purgirender Wirkung jenen beiden Stoffen nachsteht. Liebig unterläßt mit Recht nicht hinzuzufügen, daß er die Wirkung der Purgirmittel überhaupt nicht ausschließlich auf die erörterte Weise erklären wolle. Der Einwurf, daß starke Lösungen anderer Substanzen, wie z. B. Zucker, Gummi, die ebenfalls dem Blute Wasser entziehen, nicht ebenfalls purgirend wirken, schwächt obige Auffassung der Wirksamkeit der salinischen Abführmittel durchaus nicht. Dem Uebergang dieser Stoffe in das Blut ist, da sie in dem Blute sogleich eine Umsetzung erleiden und in der Blutmasse verschwinden, viel weniger eine Gränze gesetzt, als dem Uebergang der Salze. Es scheint überhaupt davon, ob die Stoffe im Blut verändert werden oder nicht, ihre leichtere oder schwerere Endosmose in das Blut zum Theil abzuhängen.

Das salinische Purgirmittel entzieht übrigens dem Blute nicht blos Wasser: man findet in den Fäces alsdann unter anderen auch nicht unbeachtliche Mengen Eiweiß.

Wenn Poiseuille, der durch Zusatz von Morphinumsalzen zu Salpeterminwasser eine Verminderung der Endosmose bemerkte, dieses Factum zur Erklärung der Opiumwirkung gegen Durchfälle benutzen will, so gehört ein solcher Versuch schon zu den gewagteren und wie mir scheint unmotivirten Anwendungen der Endosmose.

Wie die Kälte, nach Dutrochet's Erfahrung, die Stärke der Endosmose vermindert, so scheint dasselbe Moment auch im Organismus von Wirksamkeit zu sein. Den geringen Stoffwechsel der kaltblütigen (richtiger wechselwarmen) Thiere bei niederen Temperaturen können wir füglich auf diese

Ursache zurückführen. Ohne den Einfluß der Kälte auf die Contraction der kleinen Gefäße leugnen zu wollen, wodurch schon eine Ursache des verminderten Stoffwechsels zwischen Blut und Parenchym gegeben ist, glaube ich doch, daß bei Einwirkung von Kälte auf äußere Organe auch der directe Einfluß der niederen Temperatur auf die Verminderung des Stoffwechsels zu beachten ist, und daß die alsdann zu beobachtende Blutarmuth des Organes, auf welches die Kälte eingewirkt hat, zum Theil auf gedachte Weise zu erklären ist.

R. Vierordt.