

XXI.**Zur Lehre von der Transsudation.**

Von Dr. med. Wilhelm Cohnstein,

Assistenten des physiologischen Instituts der kgl. thierärztl. Hochschule zu Berlin.

Die Literatur verfügt über eine grosse Anzahl von Untersuchungen, welche die Gesetze der Filtration und Diffusion colloider und krystalloider Körper zu ermitteln sich bemüht haben. Die so festgestellten Regeln hat man dann, auf hypothetischen Grundlagen bauend, auf den thierischen Körper übertragen. Speciell die Lymphbildung hatte man lange Zeit, auf die grundlegenden Untersuchungen C. Ludwig's und seiner Schüler gestützt, als einen einfachen Filtrationsvorgang gedeutet, und die im physikalischen Experiment gefundenen Filtrationsgesetze auf sie angewendet. — Diese Analogie besteht nun in Wirklichkeit nicht. Während es sich nehmlich bei einer einfachen Filtration, wie sie in den Versuchen von W. Schmidt¹⁾, Hoppe-Seyler²⁾, Löwy³⁾, Runeberg⁴⁾, v. Regéczy⁵⁾, Gottwalt⁶⁾ u. A. geübt wurde, um das Durchpressen einer unter Druck stehenden Flüssigkeit in einen mit Luft gefüllten Raum handelte, trifft diese letztere Voraussetzung im Thierkörper nicht zu. — Zwar handelt es sich im Capillargebiet jedenfalls auch um das Durchpressen einer Flüssigkeit durch eine Membran, allein der Raum, in welchen sich das Filtrat ergiesst, ist hier nicht mit Luft, sondern mit einer, unter beträchtlichem Druck stehenden Flüssigkeit erfüllt. — Wenn man also von Filtration in den Capillaren sprechen will, so handelt es sich hier um eine eigenartig modifizierte Art der Filtration, deren

¹⁾ Poggendorff's Annalen. Bd. 99. S. 337. 1856; Bd. 114. S. 337. 1861.²⁾ Dieses Archiv. Bd. 9. S. 247.³⁾ Zeitschr. f. physiolog. Chemie. IX. S. 557. 1885.⁴⁾ Arch. d. Heilkunde. XVIII. S. 1. 1877; Deutsches Archiv f. klin. Med. XXIII. S. 43. 1879; Zeitschrift f. physiol. Chemie. VI. S. 508. 1882.⁵⁾ Pflüger's Archiv Bd. 30. S. 544.⁶⁾ Zeitschr. f. physiol. Chemie. IV. S. 423. 1880.

Gesetze erst im physikalischen Experiment festgestellt werden mussten.

Es kam also darauf an, zu untersuchen: wie werden die Filtrationsgesetze modifiziert durch

1) den Eigendruck und

2) die Beschaffenheit einer Flüssigkeit, gegen welche filtrirt wird.

Diese Fragen habe ich durch einige Versuche aufzuklären mich bemüht. Ich benutzte hierzu einen nach den beiden angegebenen Richtungen modifizirten Hoppe-Seyler'schen Apparat, welcher folgende Gestalt hatte¹⁾:

Ein Mariotte'sches Gefäss von etwa 1200 ccm Inhalt wurde auf einem, ungefähr 1,25 m über der Tischhöhe aufgestellten, Stativ befestigt. Die Ausflussöffnung der Flasche war durch Korken mit einem, zweimal rechtwinklig gebogenen, Rohr verbunden, dessen unterer Schenkel in das eigentliche Transsudationsrohr überging. Auf einer bestimmten Strecke nehmlich war die Glasröhre ersetzt durch eine thierische Membranröhre, welche an ihrem einen Ende mit dem Druckgefäß in Zusammenhang stand, während das andere Ende in die, das Ausflusrohr darstellende, enge Glasröhre überging. Wenn man nun eine Flüssigkeit durch das Röhrensystem strömen liess, so filtrirte eine gewisse Menge derselben durch die thierische Membran hindurch und konnte in einer, die letztere umgebenden, Glasröhre (Aussenrohr) gesammelt werden. — Dieses Aussenrohr konnte selbst mit beliebigen Lösungen gefüllt werden. Der Druck, unter dem die letzteren standen, wurde gemessen und regulirt durch die Länge einer Flüssigkeitssäule, welche ein verticales Rohr (Standrohr) erfüllte, in welches sich das Aussenrohr fortsetzte. Dadurch nehmlich, dass man bald längere, bald kürzere Standröhren auf das Aussenrohr aufsetzte und mit Flüssigkeit füllte, konnte die Aussenflüssigkeit bald unter höheren, bald unter niedrigeren Druck gesetzt werden. Die Standröhren waren an ihrem oberen Ende mit einer Ausflussöffnung versehen, aus welcher für jeden Tropfen, der aus dem Transsudationsrohr

¹⁾ Aehnliche Apparate benutzten zu anderen Zwecken: Runeberg a. a. O. und Klemensiewicz, Fundamentalversuche über Transsudation. Graz 1883.

in das Aussenrohr drang, ein Tropfen Flüssigkeit abfloss, um in einem gewogenen Gefäss aufgefangen zu werden. — Was schliesslich den Druck anlangt, unter welchem der Strömungsvorgang statt hatte, so war derselbe abhängig:

- 1) Von der Höhe, in welcher sich das Druckgefäß über der Strömungsrohre befand, und
- 2) von dem Widerstand, welchen die Ausflussöffnung der strömenden Flüssigkeit entgegensezte.

Da der im Strömungsrohr herrschende Druck, dessen Höhe an zwei, vor und hinter dem Transsudationsrohr angebrachten Manometern abgelesen wurde, in den meisten Versuchen constant gehalten werden sollte, so wurde das Druckgefäß fast stets in derselben Höhe über der Strömungsrohre aufgestellt, und andererseits die Ausflussröhre immer durch dasselbe enge Glasrohr gebildet.

Als Transsudationsröhren benutzte ich Ureteren und Venae jugul. extern. des Pferdes. — Die Anwendung der Venen wurde dadurch erschwert, dass vor der Durchströmung die oft recht zahlreichen Aeste der Vene sorgfältig unterbunden werden mussten.

Was nun den Verlauf eines einzelnen Versuches anlangt, so wurde zunächst die, für gewöhnlich in Glycerin aufbewahrte, Membran mit Wasser ausgewaschen und längere Zeit (1 bis 2 Stunden) durchspült¹⁾. Dann wurde das gewünschte Standrohr am Aussenrohr befestigt und beide Röhren mit Flüssigkeit gefüllt. Jetzt wurde das Druckgefäß mit der Durchströmungsflüssigkeit gefüllt, und durch Oeffnen eines Quetschhahns der Strömungsprozess in Gang gesetzt. — Sofort steigt die Flüssigkeit in den beiden Manometern in die Höhe, die Transsudationsmembran dehnt sich aus und schleudert dabei eine gewisse Menge Flüssigkeit aus dem Standrohr heraus. — Diese, rein mechanisch herausgepresste, Quantität wird verworfen, nach wenigen Secunden aber beginnt der eigentliche Transsudationsprozess²⁾: Tropfen

¹⁾ Hierzu wurde jedes Mal diejenige Flüssigkeit benutzt, welche im Versuch den Inhalt der Aussenröhre bilden sollte.

²⁾ Ich bezeichne den sich hier abspielenden Vorgang der Kürze halber als „Transsudation“, wobei aber unter diesem Wort nicht — wie vielfach üblich — dasselbe wie unter „Filtration“ zu verstehen ist. Die von mir so bezeichnete „Transsudation“ ist ein complicirterer Vorgang, dessen physikalische Deutung später gegeben werden wird.

auf Tropfen löst sich aus der Ausflussöffnung des Standrohrs und fällt in ein darunter gestelltes gewogenes Gläschen. —

Jeder Hauptversuch bestand nun aus einer Serie von Einzelversuchen, indem der im Aussenrohr herrschende Druck, der „Aussendruck“, wiederholt dadurch variiert wurde, dass Standröhren verschiedener Länge am Aussenrohr befestigt wurden. — Es wurde bei jedem Hauptversuch mit einem niedrigen Aussendruck begonnen, dann nach einiger Zeit ein höherer Druck eingeschaltet, event. nach einiger Zeit abermals gestiegen und dann rückwärts in derselben Weise vorgegangen, indem auf den hohen ein niedriger und dann event. ein noch niedrigerer Aussendruck folgte. — Dieses Hin- und Hergehen sollte für die Veränderungen, welche die Transsudationsröhre im Laufe des Versuches erleidet, einen Maassstab abgeben und dieselben zugleich für die Versuchsresultate unschädlich machen.

Was die chemische Bestimmung der verwendeten Substanzen anlangt, so wurden die Salze durch Eindampfen und Trocknen abgemessener Volumina der Lösung bestimmt, gelegentlich wurde das Kochsalz auch als Chlorsilber gewogen; das Eiweiss wurde mit dem vielfachen Volumen Alkohol gefällt, auf gewogenen Filtern gesammelt, mit Wasser und Alkohol chlorfrei gewaschen, zur Constanz getrocknet und gewogen. —

Es wurden bei jedem Versuch folgende Daten bestimmt:

- 1) Der im Strömungsrohr herrschende Druck.
- 2) Der „Aussendruck“, bestimmt durch die Länge der jeweilig verwendeten Standröhre.
- 3) Die Dauer des Strömungsvorgangs.
- 4) Die Menge der in der Versuchszeit durchgeflossenen Strömungsflüssigkeit.
- 5) Die Menge des Transsudats¹⁾.
- 6) Die Concentration der Durchströmungsflüssigkeit am Anfang, und, in vielen Versuchen, auch am Ende des Experiments.
- 7) Die Menge der durch die Transsudationsröhre hindurch in die Aussenflüssigkeit beförderten festen Substanzen.
- 8) Die Concentration des Transsudats¹⁾. — Diese wurde

¹⁾ Was hier unter dem Ausdruck „Transsudat“ zu verstehen ist, ergiebt sich aus der auf S. 516 mitgetheilten Anmerkung.

nach der Formel $\frac{a \cdot 100}{b}$ berechnet, worin b die Menge des Transsudats (s. No. 5) und a die Gesammtmenge der nach aussen beförderten festen Substanzen (s. No. 7) bedeutet.

Bei der Discussion der Versuchsresultate trenne ich aus praktischen Gründen die Experimente in solche, bei denen krystalloide, und solche, bei denen colloide Substanzen in Anwendung kamen.

A. Versuche mit krystalloiden Substanzen.

Wenn man die Lösung einer krystalloiden Substanz in der üblichen Weise gegen Luft filtriren lässt, so gilt für die Concentration des Filtrats folgendes Gesetz (s. Vers. 17): Das Filtrat hat annähernd¹⁾ dieselbe Concentration wie die filtrirende Flüssigkeit und seine Zusammensetzung ist unabhängig vom Filtrationsdruck.

Ein ganz anderes Ergebniss haben die nach meiner modifirten Filtrationsmethode angestellten Versuche (s. Vers. 1 bis 9). Es zeigt sich nehmlich hier durchweg das Gesetz, dass die Concentration des Transsudats nicht unabhängig vom Filtrationsdruck war, sondern anstieg mit dem Druck, gegen welchen filtrirt wurde.

Dieses Gesetz bildet die Antwort auf die in S. 515 aufgestellte Frage. Es beweist, dass der Druck — und, wie wir bald sehen werden, auch die Beschaffenheit — einer Flüssigkeit, gegen welche filtrirt wird, die Filtrationsgesetze dahin abändert, dass zum Transport einer bestimmten Menge fester Substanz nicht mehr proportionale Flüssigkeitsmengen die filtrirende Flüssigkeit zu verlassen brauchen.

Ein Beispiel wird die Bedeutung dieses Gesetzes vor Augen führen:

Der Versuch No. IV wurde mit einer 5,33 procentigen Kochsalzlösung angestellt, welche gegen destillirtes Wasser filtrirte. —

¹⁾ Bei der Filtration von Gemengen krystalloider und colloider Substanzen ist der Salzgehalt des Filtrats häufig grösser gefunden worden als der der Durchströmungsflüssigkeit (Hoppe-Seyler, W. Schmidt, Runeberg, Löwy).

Wäre gegen Luft filtrirt worden, so hätte das Filtrat eine Concentration von ebenfalls 5,33 pCt. gehabt, d. h. zum Transport von 10 gr NaCl hätten rund 190 ccm Wasser die filtrirende Flüssigkeit verlassen müssen. — Anders bei der, von mir geübten, Filtration gegen destillirtes Wasser! Hier wurde gegen einen Druck von 16 cm Wasser ein 10,37 procentiges, gegen einen Druck von 104 cm Wasser sogar ein 25,65 procentiges Transsudat geliefert, d. h. es brauchten zum Transport von 10 gr NaCl nur rund 100, bzw. 40 ccm Flüssigkeit als Vehikel mit filtrirt zu werden.

Es gilt nun zu untersuchen, in welcher Weise das so eben experimentell bewiesene Gesetz theoretisch gedeutet, d. h. auf allgemein gültige physikalische und chemische Gesetze zurückgeführt werden kann. — Als bewegende Kräfte können bei der von mir geübten Versuchsanordnung in Frage kommen:

1. Die Filtration. Durch diese wird ein Druckausgleich herbeigeführt; daher strömt die im Transsudationsrohr befindliche Flüssigkeit nach dem Orte niederen Drucks, d. h. in das Geweberohr. — Die Menge der transportirten Flüssigkeit ist eine Function des Filtrationsdruckes, und dieser wiederum ist abhängig von der Höhendifferenz der innen und aussen auf der Transsudationsröhre lastenden Flüssigkeitssäulen. — So erklärt es sich, dass bei Steigerung des Aussendrucks der Filtrationsdruck und damit die Menge der transportirten Flüssigkeit sinkt. — Was die Concentration der transportirten Lösung anlangt, so ist diese — wie oben entwickelt (s. S. 518; vgl. Vers. 17) unabhängig von dem Filtrationsdruck.

Nehmen wir z. B. an, dass bei einem niedrigen Aussendruck, also bei hohem Filtrationsdruck a ccm Flüssigkeit mit b gr festen Bestandtheilen durch Filtration aus dem Transsudationsrohr in das Aussenrohr befördert seien. Es ergiebt sich dann aus den obigen Ueberlegungen, dass, wenn jetzt der Aussendruck gesteigert und dadurch der Filtrationsdruck herabgesetzt wird, statt der a ccm nur $\frac{a}{n}$ ccm Flüssigkeit filtriren werden;

die Concentration dieser $\frac{a}{n}$ ccm ist aber gleich der bei hohem

Filtrationsdruck beförderten a ccm, d. h. in den $\frac{a}{n}$ ccm sind $\frac{b}{n}$ gr fester Substanz enthalten.

2. Die Diffusion. Durch diese wird ein Concentrationsausgleich herbeigeführt. Es wandert daher die in der Durchströmungsflüssigkeit procentisch stärker vertretene feste Substanz, z. B. das Kochsalz, nach aussen, das in der Aussenflüssigkeit überwiegende Wasser nach innen. — Es zeigt sich also, dass die Diffusion unabhängig vom Druck, dagegen abhängig von der Concentrationsdifferenz vor sich geht. Es ist daher ganz gleichgültig, ob die Aussenflüssigkeit unter hohem oder niedrigem Druck steht, sie wird — gleiche Volumina und gleiche Zeiten vorausgesetzt — stets die gleichen Mengen (z. B. c gr) fester Substanz an sich ziehen und dafür eine bestimmte Menge (z. B. d ccm) Wasser an die Durchströmungsflüssigkeit abgeben. —

Stellen wir die gefundenen Daten in einer kleinen Tabelle zusammen!

	Es wandern: aus der Durchströmungsflüssigkeit in die Aussenflüssigkeit:	aus der Aussenflüssigkeit in die Durchströmungsflüssigkeit:	
bei niedrigem Aussendruck (also hohem Filtrations- druck)	durch Filtration: a ccm Flüssigkeit mit b gr fester Substanz	durch Diffusion: c gr fester Substanz	durch Diffusion: d ccm Wasser.
bei hohem Aussendruck (also niedrigem Filtrationsdruck)	$\frac{a}{n}$ ccm Flüssigkeit mit $\frac{b}{n}$ gr fester Substanz	c gr fester Substanz	d ccm Wasser.

Berechnen wir die Concentration der beiden Transsudate, so ergiebt sich, dass

1) bei niedrigem Aussendruck: $a-d$ ccm Wasser transportirt und durch diese $b+c$ gr feste Substanz befördert worden sind.

Die Concentration beträgt also $\frac{b+c}{a-d} \cdot 100$;

2) bei hohem Aussendruck: $\frac{a}{n}-d$ ccm Wasser transportirt

und durch diese $\frac{b}{n} + c$ gr fester Substanz befördert worden sind.

Die Concentration beträgt also

$$\frac{\frac{b}{n} + c}{\frac{a-d}{n}} \cdot 100 = \frac{b+nc}{a-d} \cdot 100.$$

Berücksichtigt man nun, dass n eine positive ganze Zahl ist, so zeigt sich, dass

$$\frac{b+nc}{a-d} \cdot 100 \text{ stets grösser ist als } \frac{b+c}{a-d} \cdot 100,$$

d. h. in Worten: Die Concentration des gegen einen hohen Aussendruck beförderten Transsudats ist grösser, als der Prozentgehalt des gegen einen niedrigen Aussendruck beförderten Transsudats.

Es ist unmittelbar aus den Formeln abzulesen, dass die Concentration um so grösser sein wird, je grösser die Factoren n, d, c werden. — Die Grösse n wächst nun proportional dem Aussendruck, also umgekehrt proportional dem Filtrationsdruck, während d und c abhängig sind von dem endosmotischen Aequivalent und der Diffusibilität des untersuchten Körpers; d. h. mit anderen Worten: die Concentration des Transsudats ist um so grösser, je mehr die Filtrationsvorgänge gegen die Diffusionsvorgänge zurücktreten.

Den experimentellen Beweis für die Richtigkeit dieser Schlüsse findet man in den mitgetheilten Versuchen: es zeigte sich nehmlich, dass die Concentration des Transsudats zunimmt einerseits proportional dem Ansteigen des Aussendrucks und andererseits umgekehrt proportional dem endosmotischen Aequivalent des untersuchten Salzes.

B. Versuche mit colloiden Substanzen.

Wie wir im vorigen Abschnitt gesehen haben, ist in den Diffusionsvorgängen die wesentliche Ursache für das Zustandekommen des oben entwickelten Transsudationsgesetzes gegeben. — Es galt nun, gleichsam als Probe auf die Richtigkeit der obigen Erwägungen, Versuche mit nicht diffundirenden Substanzen anzustellen, mit Körpern, welche, da sie im thierischen Organis-

mus in den Eiweissarten wichtige Vertreter besitzen, auf ein besonderes Interesse Anspruch erheben.

Die Untersuchungen über die Diffusibilität der Eiweissarten¹⁾ haben nun zu dem Ergebniss geführt, dass die letzteren keineswegs als absolut indiffusibel zu bezeichnen sind, dass es vielmehr einerseits von der Art der Eiweisslösung und andererseits von der Art der Flüssigkeit, in welche diffundirt wird, abhängig ist, in welchem Maasse sich Diffusionsvorgänge bemerklich machen.

Während z. B. Lösungen von Eieralbumin gegen Salzlösungen in nicht unbeträchtlicher Menge diffundiren (vgl. Vers. 19), verhält sich dieselbe Eiweisslösung gegen Wasser so gut wie indiffusibel (v. Wittich, Regéczy). Dem entsprechend gaben auch meine Transsudationsversuche differente Resultate, je nachdem, ob als Aussenflüssigkeit eine Salzlösung oder nur Wasser benutzt wurde. Im ersten Falle, wo also Diffusionsprozesse statt hatten, trat das für die krystalloiden Substanzen abgeleitete Transsudationsgesetz in Erscheinung (s. Vers. 10 und 11), im letzteren Falle dagegen blieb die Steigerung in der Concentration des Transsudats weit geringer²⁾ (s. Vers. 12).

v. Regéczy giebt an, und auch ich konnte bestätigen (s. Vers. 20), dass Blutserum gegen Wasser und verdünnte Kochsalzlösungen nicht diffundirt. Aus diesem Grunde war auch in meinen Transsudationsversuchen, wenn Serum als Durchströmungsflüssigkeit benutzt wurde (s. Vers. 13—16), nur eine geringe Steigerung der Concentration des Transsudats zu constatiren, wenn der Aussendruck erhöht wurde. — Worin diese kleine Concentrationszunahme begründet ist, soll weiter unten klar gestellt werden. Zunächst soll eine andere auffallende Thatsache erwähnt und erklärt werden, der Umstand nehmlich, dass bei der Transsudation gegen Flüssigkeit (ohne Rücksicht auf deren Eigendruck) ein nicht unwesentlich concentrirteres Transsudat überging, als bei der einfachen Filtration gegen Luft (vgl. Vers. 14—16). Zur Erklärung dieser Beobachtung erinnere ich daran, dass Eiweisssubstanzen, wenn sie auch selbst nicht diffundiren, dennoch mit grosser Begierde Wasser anziehen.

¹⁾ s. bes. d. Arbeiten von v. Wittich, Müller's Archiv 1856. S. 286 und v. Regéczy, Pflüger's Archiv Bd. 34. S. 431. 1884.

²⁾ Die Erklärung für die geringe Concentrationszunahme s. S. 523.

Bezeichnen wir daher, entsprechend den bei den krystalloiden Körpern angewandten Buchstaben:

mit a die Menge der durch Filtration beförderten Flüssigkeit,
mit b die Menge des in a enthaltenen Eiweisses und
mit d die Menge des vom Eiweiss angezogenen Wassers¹⁾),
so gilt Folgendes:

Die Concentration des gegen Luft erhaltenen Filtrats beträgt: $\frac{b}{a} \cdot 100$.

Die Concentration des gegen Flüssigkeit erhaltenen Transsudats beträgt: $\frac{b}{a-d} \cdot 100$.

Da nun d eine positive ganze Zahl ist, so gilt

$$\frac{b}{a-d} \cdot 100 > \frac{b}{a} \cdot 100.$$

Es bleibt nun noch zu erörtern, woher es kommt, dass die Concentration des Transsudats — wenn auch wenig, so doch constant — zunimmt, wenn der Eigendruck der Aussenflüssigkeit steigt. Hierfür sind zwei Gründe anzuführen:

1) Es ist eine, schon von Gottwalt u. A. angegebene und auch von mir (s. Vers. 18) bestätigte Thatsache, dass bei colloidien Substanzen die Concentration des Filtrats mit sinkendem Filtrationsdruck steigt. Es gilt also hier nicht wie bei krystalloiden Substanzen die Proportion

$$a : b = \frac{a}{n} : \frac{b}{n},$$

sondern an deren Stelle tritt die Formel

$$a : b = \frac{a}{n} : \frac{b}{m}, \text{ worin } m < n.$$

Entsprechend dieser Formel musste, wenn ich in meinen Versuchen den Aussendruck steigerte und dadurch den Filtrationsdruck herabsetzte, ein etwas concentrirteres Transsudat übergehen.

2) Berechne ich, unter Berücksichtigung des soeben Ausgeföhrten, die Concentration einer Lösung, welche bei der Transsudation gegen eine unter Druck stehende Flüssigkeit erhalten wird, so ergiebt sich Folgendes:

¹⁾ Die Grösse c wird gleich Null.

Es filtriren $\frac{a}{n}$ ccm Flüssigkeit mit $\frac{b}{m}$ gr Eiweiss; es werden vom Eiweiss angezogen: d ccm Wasser; es beträgt also die Concentration des Transsudats

$$\frac{\frac{b}{m}}{\frac{a}{n} - d} \cdot 100 = \frac{nb}{m(a-nd)} \cdot 100.$$

Es ist klar, dass dieser Bruch grösser ist, als $\frac{b}{a-d} \cdot 100$, welche Grösse wir vorhin als Concentrationsformel bei der Transsudation gegen eine unter geringem Druck stehende Flüssigkeit gefunden hatten.

Im Weiteren erübrigts noch, das von mir gefundene physikalische Gesetz auf die Verhältnisse im Thierkörper zu übertragen. —

Es versteht sich von selbst, dass meine Versuche nur geeignet sind, ein gewisses Schema zu repräsentieren, welches den im Organismus vorhandenen Bedingungen möglichst nahe zu kommen sucht. — In diesem Sinne halte ich die Berechtigung derartiger Experimente durchaus aufrecht gegen diejenigen, welche mit dem Satz, dass das lebende Gewebe sich nicht mit den todt Membranen identificiren lasse, jeden Versuch, physikalische Erfahrungen auf den Thierkörper zu übertragen, a priori abschneiden. —

Ebenso wie der Hoppe-Seyler'sche Versuch als Schema für einfache Filtrationsprozesse dient, kann das von mir geübte Verfahren als Analogon für Vorgänge dienen, welche Filtrations- und Diffusionsprozesse vereinigen und als deren vornehmstes Beispiel ich den Verkehr zwischen dem Inhalt und der Umgebung der Capillaren ansehe.

Was nun die Unterschiede zwischen meinem Versuchsverfahren und den im Körper sich abspielenden Prozessen anlangt, so ist hier an eine Reihe von Umständen zu erinnern, welche das von mir gefundene Gesetz zwar modifizieren, aber doch nicht umzustossen oder gar in das Gegentheil zu verwandeln vermögen.

1) Die Beschaffenheit der Transsudationsmembran. Im Körper geht die Transsudation durch die Capillarwand vor sich. Derartig feine Membranen im Schema anzuwenden, ist

aus praktischen Gründen unmöglich. Um aber zu beweisen, dass das abgeleitete Gesetz nicht in seinem Wesen, sondern nur in der s. v. v. Intensität seines Erscheinens abhängig von der angewendeten Membran ist, habe ich stets Parallelversuche mit Ureteren und Venen angestellt, welche zwar graduell verschiedene, aber qualitativ gleiche Resultate ergeben haben. — Die quantitativen Verschiedenheiten jedoch gestatten vielleicht einen Rückschluss auf ein etwaiges Verhalten der Capillaren. Wenn wir nehmlich die mit Ureteren und mit Venen angestellten Versuche vergleichen, so zeigt sich in der grossen Mehrzahl der Fälle, dass das Gesetz bei den Venenexperimenten noch weit deutlicher in die Augen sprang, in dem Sinne, dass zur Beförderung gleicher Mengen fester Substanz verhältnissmässig noch geringere Wassermengen nöthig waren, als in den Ureterenversuchen. Da sich beide Membranen hauptsächlich durch die Dicke der Wand unterschieden, so glaube ich mich berechtigt anzunehmen, dass, je dünner die Wand der Membran ist, um so deutlicher mein Gesetz in Wirksamkeit treten wird. Ich bin daher geneigt, die Capillaren als die für jenes Gesetz günstigsten Membranen zu bezeichnen.

Ein zweiter Umstand, welcher sich auf die Beschaffenheit der Transsudationsröhre bezieht, ist die Veränderlichkeit der todten thierischen Membran im Gegensatz zu der Stabilität der lebenden Gewebe. — Schon von W. Schmidt, Runeberg, Gottwalt u. A. sind eine Reihe von Veränderungen beschrieben worden, welche eine todte Membran erleidet, wenn man sie längere Zeit hindurch oder wiederholt zu Filtrationsversuchen benutzt. — Aehnliche Erfahrungen konnte auch ich machen und zwar zeigte sich durchweg, dass die Häute mit der Länge und der Zahl der Versuche durchlässiger für Wasser wurden. — Fast in jedem — wenigstens der mit krystalloiden Substanzen angestellten — Versuche zeigt sich, dass die Filtratmenge am Schluss des Versuchs bei gleichem Druck grösser ist als am Anfang des Experiments. Mit dieser gesteigerten Durchlässigkeit der Membran für Wasser geht im Transsudat ein Sinken des Prozentgehalts an festen Substanzen einher (vgl. die mit derselben Vene angestellten Versuche 2—4). — Derartige Veränderungen der Membran erklären sich durch physikalische und chemische Veränderungen,

welche das Gewebe der letzteren mit der Zeit erleidet. Durch den starken Druck nämlich, dem die Membran von innen und von aussen exponirt wurde, änderte sich die Elasticität und die Porenweite der Haut, durch die Wirkung der Salzlösungen, welche sie von beiden Seiten bespülten, wurde die Membran in ihrer chemischen Integrität und besonders in ihrem Wassergehalt beeinträchtigt. — Aehnliche Vorgänge werden sich in der lebenden Capillarwand kaum vermuthen lassen, da ja die Zellen mit der Fähigkeit der Vermehrung begabt und dadurch stets in die Lage gesetzt sind, an Stelle der durch physikalische und chemische Einflüsse veränderten Zellen, neue widerstandsfähige Elemente zu setzen. — Aus diesem Grunde vermuthe ich, dass die mit ganz neuen und ungebrauchten Membranen angestellten Versuche, in welchen, wie wir sahen, das oben abgeleitete Gesetz mit ganz besonderer Deutlichkeit in Erscheinung trat, den Verhältnissen im Thierkörper am nächsten kommen.

2) Der Aussendruck. — Wie hoch der in den Geweben herrschende Druck ist, ist nicht bekannt. Es ist aber leicht einzusehen, dass die Ermittelung dieses Factors von der grössten Bedeutung für die Lehre von der Bildung der Parenchymflüssigkeit wäre; haben uns doch unsere Versuche und Ueberlegungen gezeigt, dass von der Differenz der innen und aussen auf der Transsudationsmembran lastenden Drucke die Grösse n (s. S. 520) und damit der Prozentgehalt des Transsudats wesentlich abhängig ist. — Es ist nun *a priori* zu erwarten und auch von vielen Physiologen vermutungswise ausgesprochen worden, dass der Gewebedruck dem in den Capillaren herrschenden Druck recht nahe kommt. Daraus würde folgen, dass für den Thierkörper die Grösse n sehr beträchtlich wüchse und damit die Concentration des Transsudats sehr hohe Werthe erreichte. — Allein ich gebe zu, dass es zunächst eingehender Untersuchungen bedarf, welche die Höhe des *in vivo* herrschenden Gewebedrucks zu ermitteln streben.

3) Die Beschaffenheit der Aussenflüssigkeit. — Die Beschaffenheit der Aussenflüssigkeit hat sich als ein Umstand von weittragendster Bedeutung für die Concentration des Transsudats erwiesen. — Haben doch unsere Ueberlegungen gezeigt, dass wir in den Diffusionsprozessen den wesentlichen Grund für

den Uebergang der festen Körper zu sehen haben. Die Grösse der Diffusion ist nun abhängig von den Differenzen in der chemischen Zusammensetzung der die beiden Seiten der Membran bespülenden Flüssigkeiten. In der von mir geübten Versuchsanordnung waren diese Differenzen verhältnissmässig geringfügig. Wenn auch bei Beginn der Durchströmung die differente Substanz in der Aussenflüssigkeit fehlte, so sammelte sie sich doch im Verlauf des Versuches in der Aussenflüssigkeit an, und wenn die Experimente lange genug fortgesetzt worden wären, hätte schliesslich die Aussenflüssigkeit die Zusammensetzung der Durchströmungsflüssigkeit angenommen, und die Diffusionsprozesse hätten aufgehört. — Im thierischen Organismus kann Derartiges niemals eintreten, denn die Gewebeflüssigkeit wird in ihrer Zusammensetzung fort dauernd geändert durch die Lebenstätigkeit der Organe, welche sie umspült. Die letzteren entziehen ihr nehmlich ununterbrochen gewisse Substanzen, deren sie zur Erhaltung ihrer Integrität und zur Aeusserung ihrer Function bedürfen. Dadurch werden aber fort dauernd chemische Differenzen zwischen Gewebeflüssigkeit und Capillarinhalt erzeugt und dadurch der Anstoss gegeben zu einem dauernden Diffusionsstrom aus den Gefässen in die Gewebeflüssigkeit. — In anderen Fällen allerdings wird ein Diffusionsstrom in umgekehrter Richtung erzeugt werden; dann nämlich, wenn sich in der Gewebeflüssigkeit eine Substanz findet, welche in dem Capillarinhalt fehlt oder nur in schwächerer Concentration vorkommt. — In diesem Falle wird die betreffende Substanz in die Capillaren hinein und dafür Wasser aus den Haargefässen heraus diffundiren. — Fälle, für welche diese Ueberlegungen zutreffen, werden im Thierkörper nicht nur dann eintreten, wenn künstlich fremde Stoffe in die Gewebe eingebbracht werden [Versuche von Magendie, Asher¹⁾ u. A.], sondern schon durch die beim Stoffwechsel der Gewebe entstehenden Umsatzprodukte wird die Gewebeflüssigkeit gegenüber dem Capillarinhalt chemisch geändert.

Ich kann die vorliegende Arbeit nicht abschliessen, ohne noch mit wenigen Worten auf die neueste Theorie der Lymph-

¹⁾ Zeitschr. f. Biologie. Bd. 29. Hft. 2. S. 247. 1893.

bildung eingegangen zu sein, welche von Heidenhain¹⁾) aufgestellt worden ist.

Zwei Gründe sind es, welche Heidenhain veranlasst haben, die alte mechanische Filtrationstheorie durch eine neue Hypothese der Lymphbildung zu ersetzen: einmal nehmlich machte er eine Reihe von Beobachtungen, welche durch die gangbare Filtrations-theorie nicht erklärt werden können, andererseits zeigte er, dass gewisse scheinbar nothwendige Consequenzen der Filtrations-theorie mit den am Thier gemachten Erfahrungen nicht übereinstimmen. — Auf den letzten Theil seiner Beweisführung soll an dieser Stelle kurz eingegangen werden.

Wenn die Bildung der Parenchymflüssigkeit — ich vermeide absichtlich den Namen Lymphe, welchen ich für die in dem Ductus thoracicus strömende Flüssigkeit reservire — wirklich ein dem schematischen Filtrationsversuch vergleichbares Analogon darstellte, so müssten mit jedem Gramm fester Substanz, welche aus den Capillaren in die Gewebeflüssigkeit übertritt, zugleich eine bestimmte Menge Wasser gleichsam als Vehikel aus den Haargefässen austreten, welche der Concentration des betreffenden Körpers im Blute proportional ist. Dies ist die Folge des früher erwähnten Gesetzes, wonach bei einem Filtrationsvorgang die Zusammensetzung des Filtrats gleich der der filtrirenden Flüssigkeit ist. (Die colloiden Substanzen bilden bekanntlich eine Ausnahme.)

Diese Folgerung der Filtrationstheorie führt nun, wie Heidenhain beweist, zu unmöglichen Consequenzen. — Greifen wir eines der von Heidenhain gewählten Beispiele heraus!

In der Lymphe — so schliesst er — ist der Kalk (CO) in einer Menge von 0,018 pCt. enthalten; durch 25 Liter Milch, eine Quantität, wie sie gelegentlich von Kühen geliefert wird, werden in 24 Stunden 42,5 gr Kalk ausgeschieden. Daraus folgt, dass — der Filtrationstheorie gemäss — 236 000 ccm Flüssigkeit zum Transport jener Kalkmenge aus den Capillaren der Milchdrüse ausgetreten sein müssten.

Gegen diese Art der Folgerung habe ich zunächst den Einwand zu erheben, dass Heidenhain von der procentischen Zusammensetzung der Lymphe, d. h. der aus dem Ductus thoracicus aufgefangenen Flüssigkeit, auf die Concentration der aus

¹⁾ Pflüger's Archiv. Bd. 49. S. 209. 1891.

den Capillaren in die Gewebe übergetretenen Parenchymflüssigkeit schliesst¹⁾). — Wenn man die Consequenzen der Filtrationstheorie auf den lebenden Organismus anwenden will, so muss man — meiner Meinung nach — von der filtrirenden Flüssigkeit, das ist in unserem Falle dem Blut bezw. dem Plasma des Blutes, ausgehen und dann folgendermaassen schliessen: im Plasma ist eine bestimmte Substanz in einer Menge von a pCt. enthalten, demgemäss kann sie, wenn wir die Gesetze der einfachen Filtration in Anwendung bringen, im Filtrat d. i. in der Gewebeflüssigkeit auch nur in einer Concentration von a pCt. vorhanden sein. — Bei den krystalloiden Substanzen macht sich der Fehlschluss Heidenhain's nur unwesentlich geltend, da die Salze in Blutplasma und Lymphe annähernd in derselben Concentration vorhanden sind, bedeutender aber wird — wie wir sehen werden — der durch jenen Schluss bedingte Fehler, wenn wir auf die colloiden Substanzen zu sprechen kommen.

Doch kehren wir zunächst zu jenem Beispiel von der Kalkausscheidung zurück! Da im Plasma das Calciumoxyd nur in einer Menge von 0,017—0,018 pCt. vorkommt, so wäre unzweifelhaft die von Heidenhain berechnete Menge Flüssigkeit nöthig, um die durch die Milch ausgeschiedene Kalkmenge zu liefern, vorausgesetzt, dass es sich um einen Filtrationsvorgang handelte, der in einen mit Luft gefüllten Raum hinein erfolgt. — Wir haben aber bereits auf S. 514 erörtert, dass die Filtration aus den Capillaren heraus in einen Raum hinein erfolgt, der mit einer unter hohem Eigendruck stehenden Flüssigkeit erfüllt ist. Daher gelten hier auch nicht die Gesetze einfacher Filtration, sondern es findet das von mir oben abgeleitete Transsudationsgesetz Anwendung, wonach zum Transport fester Substanzen nicht — man wird den Ausdruck nicht missdeuten — äquivalente Flüssigkeitsmengen nothwendig sind. Wie gross die Concentration der durch die Milchdrüsencapillaren hindurchtreten den Kalklösung werden kann, ist natürlich nicht festzustellen. Be-

¹⁾ Es ist schon wiederholt, u. A. auch von Senator (Die Albuminurie. Berlin 1882. S. 28 ff., s. auch dieses Arch. Bd. 111, S. 233) darauf aufmerksam gemacht worden, dass „für das Verhalten der eigentlichen Gewebslymphe das Verhalten des aus den grossen Lymphstämmen ausfliessenden Gefäßinhalt nicht ohne Weiteres maassgebend ist“.

denkt man aber, dass, wie ich früher aus einander gesetzt habe, die Bedingungen für die Transsudation in den Capillaren außerordentlich günstige sind, so kann man gewiss annehmen, dass das Transsudat eine 10fach grössere Concentration besitzen wird, als die filtrirende Flüssigkeit. Habe ich es doch unter den ungünstigen Versuchsverhältnissen erreicht, dass (s. Vers. 2) von einer bestimmten Wassermenge sogar die — im Vergleich zur filtrirenden Flüssigkeit — 18fache Salzmenge durch die Membran hindurch befördert wurde. — Nehmen wir also in unserem Kalkbeispiel nur die 10fache Concentration an, so brauchen wir statt der 236 000 ccm nur noch 23 600 ccm Flüssigkeit als Vehikel. Da nun aber 25 Liter Milch = 25 000 ccm Flüssigkeit sind, so sehen wir, dass die berechnete Flüssigkeitsmenge den natürlichen Verhältnissen sehr wohl entsprechen kann.

Es bedarf an dieser Stelle des Hinweises, dass schon Heidenhain gelegentlich seiner oben erwähnten Auseinandersetzungen die Forderung aufgestellt hat, dass man bei dem Austritt der Gewebeflüssigkeit aus den Capillaren das Gesetz der Proportionalität zwischen festen Substanzen und Lösungsmittel werde aufheben müssen. Alle Ueberlegungen führen nehmlich dahin, dass man hier eine gewisse Unabhängigkeit der festen Substanzen von ihrem Lösungsmittel in dem Sinne annehmen müsse, dass kleine Flüssigkeitsmengen grosse Mengen fester Substanz zu transportiren vermögen. —

Um dieser Annahme zu genügen, sah Heidenhain zwei Wege offen: entweder — so sagt er — könne man an Diffusionsvorgänge denken, oder aber an eine eigene elective Fähigkeit der Capillarzellen, welche sie in den Stand setze, dem durchströmenden Blut gewisse Substanzen zu entziehen, um diese den Geweben zum Verbrauch zu übermitteln (*Secretionshypothese*). — Heidenhain selbst schliesst sich der letzteren Auffassung an, ohne aber triftige Gründe gegen die Diffusionstheorie beizubringen, ja, trotzdem er selbst eine Reihe von That-sachen berichtet, welche die Wichtigkeit der Diffusionsprozesse über jeden Zweifel erheben¹⁾. —

¹⁾ Vergl. über die Wichtigkeit der Diffusion u. A. die Arbeiten von Hamburger, Zeitschrift f. Biologie. Bd. 27. S. 259. 1891; Gärtner, Wiener klin. Wochenschr. 1893. No. 31.

Es kann nun kaum geleugnet werden, dass die Secretions-theorie mit den Anschauungen, wie wir sie bisher aus anatomischen und physiologischen Gründen über das Wesen der Capillarzellen hatten, schwer zu vereinbaren ist. Bildet doch ihre nothwendige Consequenz die Annahme, dass die Capillarzellen jedes einzelnen Organs scharf zu trennende und mit verschiedenartigen electiven Fähigkeiten ausgestattete Gebilde darstellen. — Aus diesem Grunde war es mein Bestreben, zunächst wenigstens eine der Thatsachen, welche Heidenhain zum Aufstellen seiner Secretionstheorie veranlassten, auf bekannte physikalische und chemische Gesetze zurückzuführen. Ich hoffe, dass es mir gelungen ist zu zeigen, dass es nicht der Annahme eigener electiver Zellthätigkeit bedarf um die Thatsache zu erklären, dass im Organismus kleine Flüssigkeitsmengen grosse Menge kry-stalloider Substanzen transportiren können. Wir sahen, dass es sich hier um ein eigenthümliches Ineinandergreifen von Filtration und Diffusion handelt, welches ich mit dem Namen Trans-sudation belegt habe und dessen wichtigstes Gesetz oben entwickelt und in seiner Anwendung auf den Thierkörper dargelegt worden ist. —

Noch eines Punktes aber muss gedacht werden, nehmlich der Frage nach dem Transport der Eiweissstoffe aus den Capillaren in die Gewebeflüssigkeit. Eiweissstoffe sind colloide Substanzen, daher trifft — wie wir oben gezeigt haben — das von mir entwickelte Transsudationsgesetz auf sie nicht zu. Wir sind daher hier allein auf die Kräfte der Filtration angewiesen. Untersuchen wir daher, zu welchen Consequenzen die Filtrationsgesetze in Hinsicht auf die Eiweissstoffe führen! Auch hier wollen wir von einem der von Heidenhain angeführten Beispiele ausgehen.

„Es giebt“ — so sagt er — „Kühe, welche täglich 25 Liter Milch liefern und damit 1000 gr Eiweisskörper entleeren. Da sich die Zusammensetzung der Drüse im Wesentlichen unverändert erhält, muss ihren Zellen durch die Lymphe ebenso viel Eiweiss zugeführt werden, als sie für das Secret hergeben. Die Lymphe der Kuh enthält 2,5 pCt. Eiweisskörper. Mithin würden 1000 gr Eiweiss enthalten sein in 40 000 ccm Lymphe. So viel Lymphe müsste in den Eutern gebildet werden, wenn aus der

Lymphe alles Eiweiss verschwände. Da doch aber nur ein Bruchtheil desselben verschwindet, da überdies das Milchfett zum Theil aus Eiweiss entsteht, muss die gebildete Lymphmenge noch ausserordentlich viel grösser sein.“

In dieser Auseinandersetzung findet sich genau derselbe Trugschluss, auf den ich schon gelegentlich des Kalkbeispiels aufmerksam machte: Heidenhain untersucht die Lymphe des Ductus thoracicus und findet darin 2,5 pCt. Eiweiss: er schliesst daraus, dass auch die Parenchymflüssigkeit (welche er ebenfalls als „Lymphe“ bezeichnet) ein 2,5 pCt. Eiweiss führendes Transsudat sei. Dieser Schluss ist nicht gerechtfertigt, denn in der Lymphe des Ductus thoracicus sammelt sich nur der Ueberschuss des Bluttranssudats an, das vorher durch die Gewebe geflossen und durch diese aller derjenigen Stoffe beraubt worden ist, deren die Zellen zum Leben bedürfen und zu denen in erster Linie Eiweissstoffe gehören.

Wenn wir die Consequenz der Filtrationsgesetze feststellen wollen, müssen wir vielmehr auch hier vom Eiweissgehalt des Blutplasmas ausgehen. Derselbe beträgt rund 8 pCt. — Nun wissen wir zwar, dass bei der Filtration colloider Substanzen das Filtrat weniger concentrirt ist als die Ursprungsflüssigkeit. Wenn ich aber darauf hinweise, dass ich schon bei Transsudationsversuchen durch Ureteren und Venen (s. Vers. 13—16) ein 4—7,8 procentiges Filtrat erhalten habe, so glaube ich berechtigt zu sein, einem bei Filtration durch die dünnen Capillarwände erhaltenen Filtrat mindestens eine ebenso hohe Concentration zuzuschreiben. Nehmen wir aber selbst an, die Gewebeflüssigkeit enthalte nur 5 pCt. Eiweiss, so wären zum Transport der durch 25 Liter Milch gelieferten 1000 gr Eiweiss 20 000 ccm Flüssigkeit nöthig. Da die 25 Liter Milch aber bereits 25 000 ccm Flüssigkeit bedeuten, so sieht man, dass auch hier die zum Transport berechnete Wassermenge durch die Menge der im Secret selbst enthaltenen Flüssigkeit reichlich gedeckt ist.

Vorstehende Arbeit wurde auf Anregung und unter steter bereitwilliger Hülfe meines hochverehrten Lehrers und Chefs, Herrn Prof. Hermann Munk ausgeführt, dem auch an dieser Stelle meinen innigsten Dank auszusprechen mir aufrichtiges Bedürfniss ist.

A n h a n g.
Versuchsprotocolle.

No. und Datum.	Art der Membran.	Art der Durchströmungs- flüssigkeit.	Art der Aussen- druck.	Filtrations- druck.	Aussen- druck.	Strö- mungs- dauer.	Menge der durchge- strömten Flüssig- keit.	Menge des Trans- sudats.	Trans- portierte Menge fester Sub- stanz.	Concen- tration des Trans- sudats.	pOt.
I. 17. Juni.	Urter.	Kochsalzlösung von 2,40 pOt.	Destil- lirtes Wasser.	126 126 126 126	126 102 62 15	15 30 30 30	1745 1725 1740 1715	24,0 16,9 8,4 20,1	0,629 0,518 0,390 0,594	2,62 3,07 4,67 2,96	
II. 28. Juli.	Vena jugularis.	Kochsalzlösung von 8,12 pOt.	Destil- lirtes Wasser.	125 125 125 125	104 104 30 30	30 30 1620 1620	1455 1540 5,0	4,4 1,4 2,25	2,26 1,44,4 45,0		
III. 4. Aug.	Vena jugularis.	Kochsalzlösung von 3,91 pOt.	Destil- lirtes Wasser.	125 125 104 104	16 30 30 30	30 30 1565 1520	1575 1520 14,2 4,7	8,9 1,1 1,23 1,1	1,01 2,02 8,6 23,6	11,3 144,4 8,6 8,6	
IV. 5. Aug.	Vena jugularis.	Kochsalzlösung von 5,33 pOt.	Destil- lirtes Wasser.	125 124 104 124	16 30 30 30	30 30 1535 1535	1405 1405 6,0 21,1	16,7 1,734 1,539 1,980	1,734 25,65 9,38	10,37	
V. 21. Sept.	Urter.	Kochsalzlösung von 8,80 pOt.	Destil- lirtes Wasser.	125 125 104 125	15 20 20 20	20 750 780 —	750 17,5 4,2 19,3	17,5 0,5393 0,5393 1,7648	1,5503 12,84 9,14	8,86 12,84 9,14	

No. und Datum.	Art der Membran.	Art der Durchströmungs- flüssigkeit.	Art der Aussen- flüssigkeit.	Filtrations- druck. cm Wasser	Aussen- druck. cm Wasser	Strö- mungs- dauer. Minuten	Menge der durchge- strömten Flüssig- keit. ccm	Menge des Trans- sudats. gr	Trans- porifre Menge fester Sub- stanz. gr	Concen- tration des Trans- sudats. pCt.
VI. 30. Sept.	Ureter.	Glaubersalzlösung von 3,11 pCt.	Destillirtes Wasser.	125 125 125	16 104 16	20 20 20	895 910 920	14,1 2,8 14,7	0,383 0,196 0,500	2,72 6,93 3,40
VII. 7. Oct.	Ureter.	Salmiakklösung von 3,10 pCt.	Destillirtes Wasser.	125 125 125 125	16 63 104 63	20 20 20 20	960 960 935 915	9,6 5,2 2,1 5,8	0,438 0,377 0,243 0,366	4,56 7,25 11,57 6,31
VIII. 10. Oct.	Vena jugularis.	Salmiakklösung. Concentra- tion: am Anfang des Ver- suches 7,21 pCt.; am Ende des Versuches 6,68 pCt.	Destillirtes Wasser.	125 125 125 125 125	16 63 104 63 16	15 15 15 15 15	790 730 755 745 780	20,4 15,5 9,5 16,4 23,7	1,898 1,804 1,439 1,763 2,142	9,31 11,62 15,14 10,78 9,04
IX. 12. Oct.	Vena jugularis.	Anfangs- concentration 6,14 pCt., Endconcentration 5,67 pCt.	Destillirtes Wasser.	125 125 125 125 125	16 63 104 63 16	30 30 30 30 30	1470 1455 1475 1505 1500	8,3 5,5 3,6 6,6 9,4	1,471 1,375 1,249 1,450 1,560	17,71 25,00 34,70 21,97 16,59
X. 27. Mai.	Ureter.	Lösung von Eiereiweiß in verdünnter Kochsalzlösung. Concentration am Anfang 4 pCt.	Kochsalz- lösung 4 pCt.	125 125 125	16 61 102	45 45 45	2130 2040 2000	8,75 5,75 3,25	0,279 0,245 0,186	3,2 4,3 5,7

XI.	Vena jugularis.	des Versuchs 3,150 pCt. Eiweiss, in der Mitte des Versuchs 3,095 pCt., am Ende des Versuchs 2,900 pCt.	125	61	45	2045	6,0	0,255	4,2
		Lösung von Eiereiweiss in Kochsalzlösung 4 pCt.	125	15	30	1095	6,0	0,316	5,3
7. Juni.		verdünnter Kochsalzlösung.	125	61	30	1125	4,2	0,260	6,2
		Concentration: Anfang des Versuchs 4,87 pCt., Mitte des Versuchs 4,67 pCt., Ende des Versuchs 4,595 pCt. Eiweiss.	125	104	30	1125	2,9	0,205	7,1
			125	117	30	1160	2,0?	0,140	7,0?
XII.	Vena jugularis.	Lös. von Eiereiweiss in ver- dünnter Kochsalzlös. Con- centration: 3,88 pCt. Eiweiss (bei Beginn des Versuchs).	125	104	30	1210	3,0	0,196	6,5
29. Juli.			125	61	30	1190	4,8	0,270	5,6
			125	15	30	1180	5,1	0,294	5,7
XIII.	Ureter.	Pferdeblutserum. Eiweiss- gehalt 6,86 pCt.	125	16	60	1790	7,2	0,145	2,02
5. Oct.		Kochsalzlösung 1 pCt.	125	62	60	1965	5,2	0,122	2,35
			125	104	60	1915	2,6	0,102	2,83
			125	16	60	2020	6,8	0,164	2,39
XIV.	Vena jugularis.	Pferdeblutserum. Eiweiss- gehalt 7,16 pCt.	125	104	60	2015	1,8	0,075	4,17
17. Oct.		Kochsalzlösung 1 pCt.	125	16	60	2130	5,9	0,219	3,71
XV.	Vena jugularis.	Pferdeblutserum. Eiweiss- gehalt 6,85 pCt.	125	84	40	1500	4,6	0,360	7,82
21. Oct.		Kochsalzlösung 1 pCt.	125	16	40	1575	6,4	0,443	6,92
			125	0	40	1500	5,1	0,220	4,32
XVI.	Ureter.	Pferdeblutserum. Eiweiss- gehalt 6,86 pCt.	125	16	30	1200	6,4	0,476	7,44
23. Oct.		Kochsalzlösung 1 pCt.	125	84	30	1150	5,0	0,393	7,86
			125	16	30	1225	6,2	0,455	7,34
			125	0	30	1235	4,6	0,239	5,20
			125	62	30	1200	2,7	0,299	11,08

Versuch XVII.

11. Juli. Transsudationsrohr: Vena jugularis. — Durchströmungsflüssigkeit: Kochsalzlösung von 7,89 pCt. Gehalt. — Im Aussenrohr: Luft. — Der Filtrationsdruck wird durch Heben und Senken der Mariotte'schen Flasche regulirt.

Zeit Minuten	Filtrations- druck cm Wasser	Menge der durchgestromten Flüssigkeit ccm	Menge des Filtrats gr	Concentra- tion des Filtrats pCt.
20	124	985	31,3	7,93
20	86	950	30,0	7,89
20	46	—	18,3	7,82
20	86	975	26,6	7,98
20	124	1070	35,2	8,02

Versuch XVIII.

21. October. Transsudationsrohr: Vena jugularis. — Durchströmungsflüssigkeit: Serum des Pferdes mit 6,86 pCt. Eiweissgehalt. — Im Aussenrohr: Luft. — Der Filtrationsdruck wird durch Heben und Senken der Mariotte'schen Flasche regulirt.

Zeit Minuten	Filtrations- druck cm Wasser	Menge der durchgestromten Flüssigkeit ccm	Menge des Filtrats gr	Concentra- tion des Filtrats pCt.
30	125	1235	4,6	5,20
60	55	1305	4,3	6,15

Versuch XIX.

12. Juni. Eine Lösung von Eieralbumin in verdünnter Kochsalzlösung mit einem Eiweissgehalt von 5,27 pCt. diffundirt — unter Vermeidung jeder Druckdifferenz — $2\frac{1}{2}$ Stunde lang gegen eine 4procenitige Kochsalzlösung. — Es wurden bei Schluss des Versuches in letzterer gefunden: 0,171 gr Eiweiss. — Als Membran diente eine Vena jugularis von 28,5 cm Länge.

Versuch XX.

29. September. Pferdeblutserum mit einem Eiweissgehalt von etwa 7,5 pCt. diffundirt $2\frac{1}{2}$ Stunde lang durch einen Ureter gegen eine 1procenitige Kochsalzlösung. — Letztere giebt bei Schluss des Versuches keine Eiweissreaction.