

Ueber den Einfluss der Temperatur auf die Filtration von Eiweisslösungen durch thierische Membranen.*)

Von

Dr. Adolf Löwy.

(Aus dem Laboratorium des Herrn Privatdocent Dr. Herter in Berlin.)

(Der Redaktion zugegangen am 20. April 1885.)

Die Lehre von der Filtration der Flüssigkeiten durch thierische Membranen ist eine noch ziemlich junge, und die Gesetze, welche ihr zu Grunde liegen, sind im Verhältniss zu dem Interesse, das sie von physikalischem und physiologischem Gesichtspunkte bieten, uns durchaus noch nicht hinreichend bekannt.

Abgesehen von den Versuchen, die von Valentin¹⁾, Hoppe-Seyler²⁾, Wittich³⁾, Funke⁴⁾, ferner von Eckhard⁵⁾, seinem Schüler Markus⁶⁾ und H. Nasse⁷⁾ mitgetheilt wurden, verdanken wir W. Schmidt⁸⁾ zwei grössere, in Poggendorff's Annalen veröffentlichte Versuchsreihen über die Menge und Beschaffenheit des Filtrats je nach Druck, Concentration, Zusammensetzung und Temperatur der ursprünglichen Flüssigkeit. Schmidt, der die Sache von der rein physikalischen Seite angriff, benutzte für seine Versuche ausser reinem Wasser Salzlösungen und Gemische von solchen, fügte aber auch einige Beobachtungen über die Filtration von Gummi- und Eiweisslösungen hinzu.

Die Untersuchungen über diesen letzteren Gegenstand wurden nun neuerdings wieder aufgenommen von Rune-

*) Nach der Inauguraldissertation des Verfassers, Berlin, 25. April 1885.

berg⁹⁾, der in einer grossen Anzahl von Experimenten die Einflüsse verschiedener Faktoren auf den Gang der Filtration festzustellen suchte. Die gewonnenen Resultate versuchte dieser Forscher in Beziehung zu setzen zu physiologischen resp. pathologischen Erscheinungen.

Ein Faktor nun aber ist es, der in allen bisher über Filtration erschienenen Arbeiten, den älteren, sowie den neuesten, keine oder nur geringe Berücksichtigung gefunden hat, sei es, dass man seinen Einfluss überhaupt übersah, sei es, dass man ihn durch zweckmässige Anordnung der Versuche für die vergleichende Betrachtung überhaupt eliminirte, das ist die Temperatur und ihre Einwirkung auf Quantität und Qualität des Filtrates.

Und doch, glaube ich, ist dieser Faktor kein allzu gering zu veranschlagender.

Auf den Rath des Herrn Prof. Senator hin unternahm ich es nun, speciell für Eiweisslösungen den Einfluss, welchen die Temperatur auf die Filtration ausübt, näher zu untersuchen, zumal man hier die Hoffnung hegen konnte, neben den rein physikalischen Resultaten gewisse nähere Aufschlüsse über eine der Ursachen von mehr oder weniger den Gesetzen der Filtration folgenden Erscheinungen aus der Pathologie zu erlangen, ich meine der Bildung von Transsudaten oder Exsudaten und vielleicht auch der febrilen Albuminurie.

Was ich über diesen Gegenstand in der Literatur fand, das beschränkt sich im Grunde genommen auf eine Versuchsreihe, die W. Schmidt⁸⁾ in der zweiten seiner beiden oben angeführten Arbeiten mittheilt. Schmidt untersuchte freilich mit Gummilösung, aber ich möchte kein Bedenken tragen, seine Resultate direkt auf Eiweisslösung zu übertragen, da ja beide nicht nur in ihren sonstigen Eigenschaften wesentlich übereinstimmen, sondern auch erst kürzlich noch ihr völlig gleiches Verhalten bei der Filtration in Beziehung zum Druck von Runeberg gezeigt wurde.

Was nun die Resultate betrifft, zu denen Schmidt in seinen mit dem Herzbeutel vom Rinde als Filtrations-

membran angestellten Versuchen gekommen ist, so sind das hinsichtlich der Wirkung der Temperatur die folgenden: Die Filtratmenge steigt unter sonst gleichen Umständen mit steigender Temperatur, der relative Procentgehalt ist jedoch bei höherer Temperatur kleiner als bei niederer.

Ob Schmidt's Resultate als vollkommen feststehend zu betrachten sind, das ist mir freilich zweifelhaft, Schmidt giebt nämlich nichts über die Dauer seiner Versuche an, man weiss daher nicht, wie lange er seine Membranen dem Druck ausgesetzt hatte vor denjenigen Versuchen, die er verglich; ein Punkt, der nach Runeberg's Untersuchungen zu bedenklichen Trübungen in der Genauigkeit der Resultate führen kann. Schmidt bestimmte auch nicht immer die Menge des Filtrats und die absoluten Werthe der filtrirten festen Bestandtheile, sondern stellte meist den Procentgehalt nur fest nach dem specifischen Gewicht, verglichen mit dem der ursprünglichen Lösung. Ausserdem wechseln, worauf schon Runeberg aufmerksam macht, «bei den einzelnen Versuchen sämtliche Faktoren nach verschiedener Richtung, Druck, Temperatur, Concentration...» Endlich vergleicht Schmidt in der einen von ihm angeführten Reihe Beobachtungen, die er an drei verschiedenen Tagen angestellt hat. — Aus den Befunden schon der früheren Untersucher, wie auch nach dem, was ich selbst beobachtete, steht aber fest, dass die Durchlässigkeit thierischer Membranen durchaus nicht constant ist, dass sie vielmehr bedeutendem Wechsel unterworfen ist, selbst wenn man versucht hat, die Membranen unter genau denselben äusseren Verhältnissen zu erhalten, dass die Qualität sowohl wie die Quantität des Filtrats sich zu verschiedener Zeit verschieden herausstellen, letztere so, dass man zuweilen die drei- bis vierfache Menge als zu anderer Zeit erhält. Unter den verschiedenen, uns nur ungenügend bekannten Faktoren, welche hierbei eine Rolle spielen, nimmt meines Erachtens die mehr oder minder grosse Trockniss resp. der Grad der Quellung der Membran einen ziemlich hervorragenden Platz ein, und ich glaube, dass gewisse Abweichungen, welche ich

bei einzelnen meiner Versuche zu verzeichnen habe, auf sie zurückgeführt werden müssen.

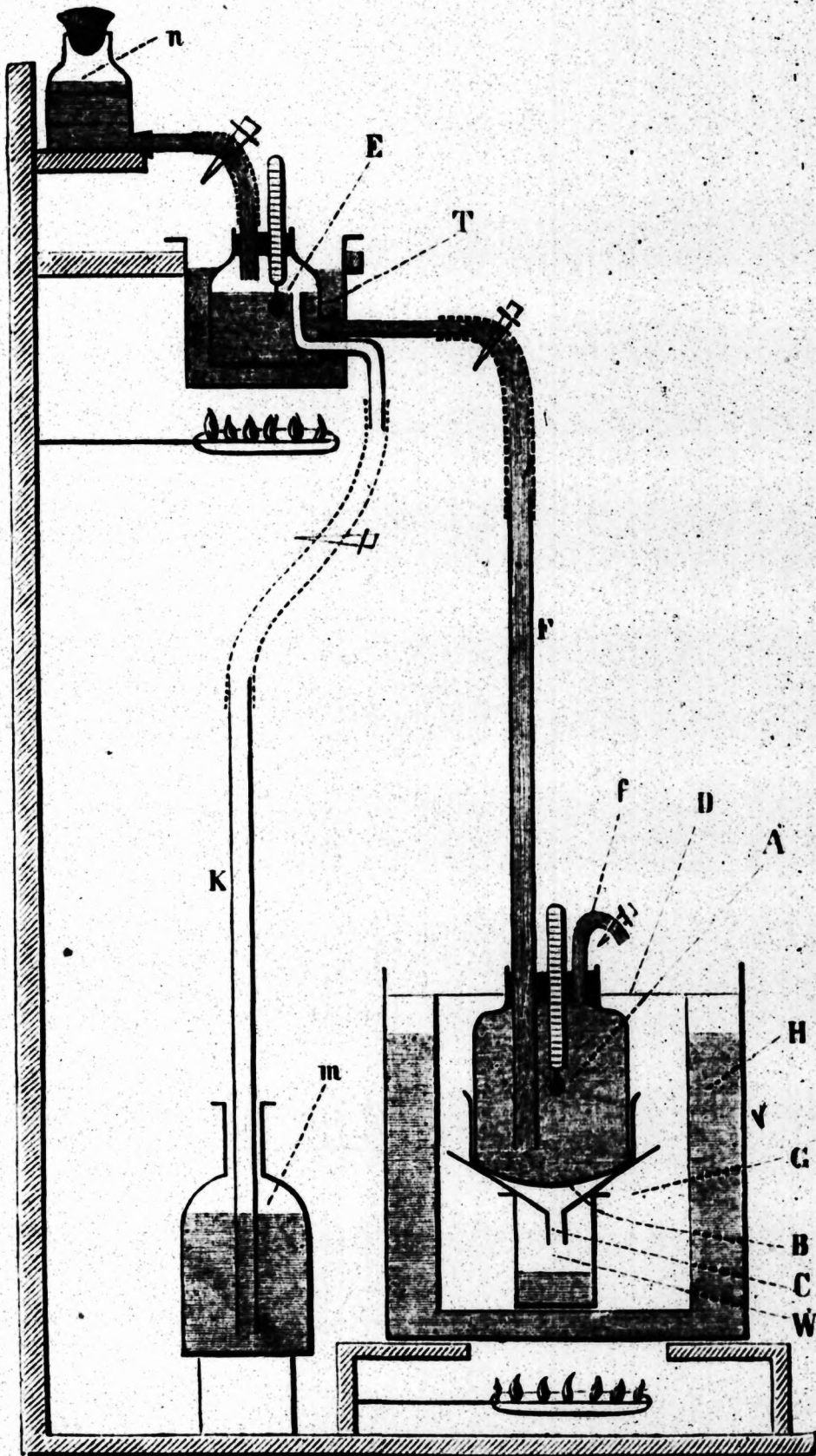
Dies soll bei den einzelnen Versuchen näher erörtert werden (cf. Versuch 5, 11, 7).

Runeberg⁹⁾ und nach ihm Gottwalt¹⁰⁾, denen wir wie schon erwähnt, die neuesten Arbeiten über Filtration durch thierische Membranen verdanken, beschäftigen sich in ihren Versuchen fast nur mit der Feststellung des Einflusses, den eine Aenderung des Druckes hervorruft, und berücksichtigen die Temperatur nur insofern, als sie alle Versuche bei dem möglichst gleichen Wärmegrade anstellen, um also eine Fehlerquelle, die ihnen möglicherweise erwachsen könnte, sicher auszuschliessen.

Bei meinen Untersuchungen, die ich im Laboratorium des Herrn Dr. Herter anstellte, kam es mir vor Allem darauf an, in der Anordnung und Folge der Versuche Verhältnisse herzustellen, welche durch Ausschluss aller fremden Faktoren den Einfluss der Temperatur möglichst rein zu beobachten gestatteten. Ich bediente mich dabei des folgenden, von Herrn Dr. Herter construirten Filtrations-Apparates, den die Abbildung schematisch darstellt, ohne das natürliche Grössenverhältniss der Theile wiederzugeben.

Als Filtrationszelle dient ein oben und unten offenes Glasgefäss A, dessen eine, weitere Oeffnung mit der mittelst Bindfadens festgebundenen Filtrations-Membran B überspannt, in einen Glastrichter C taucht, welcher dem zum Auffangen des Filtrats dienenden Wägegias W aufsitzt. A ist oben mit einem dreifach durchbohrten Cautschukstöpsel geschlossen, durch dessen eine Bohrung das die Flüssigkeit aus dem Reservoir E zuleitende Rohr F hindurchgeht, dessen zweite ein Thermometer trägt, durch dessen dritte das rechtwinklig gebogene, mit einem Quetschhahn versehene Rohr f hindurchführt, welches nur bis zur concaven unteren Stöpselfläche reicht und ein schnelles und völlig luftleeres Füllen des Apparates mit Leichtigkeit zulässt. Die Filtrationszelle A ist, wie es die Figur zeigt, in ein grösseres Glasgefäss G eingesenkt, welches durch den, den Hals der Zelle A fest um-

fassenden Deckel D geschlossen ist und seinerseits von einem dritten fast gänzlich mit Wasser gefüllten Gefäße H umgeben



ist. Die als Reservoir dienende, tubulirte Flasche E ist zugleich bestimmt, den Druck sowohl während jedes einzelnen

Versuches, als auch für die ganze Versuchsreihe constant zu erhalten. Zu diesem Zwecke ist sie von dem Rohre K durchbohrt, das die Höhe des Flüssigkeitsspiegels dadurch unveränderlich erhält, dass es die etwa überschüssige Flüssigkeit, welche aus Flasche N zum Ersatz für die hindurchfiltrirte herabtropft, in das Glas M abfliessen lässt. Auch das Reservoir E befindet sich in einem mit Wasser gefüllten Troge T. Für die Versuche bei höherer Temperatur kann sowohl E als auch die Zelle A durch regulirbare Gasflämmchen bis zu dem beabsichtigten Wärmegrade erhitzt werden.

Ein Nachtheil, den der so zusammengesetzte Apparat bietet gegenüber den im Principe übereinstimmenden von Schmidt¹¹⁾ und von Runeberg¹²⁾ für ihre Versuche benutzten oder dem von Hoppe-Seyler¹³⁾ angegebenen und von Gottwalt¹⁰⁾ in Gebrauch gezogenen, könnte darin gefunden werden, dass ich meine Versuche mit einer ruhenden Flüssigkeitssäule anstellte, also einer Methode folgte, welche seiner Zeit Valentin anwandte, gegen die aber schon Schmidt einwarf, dass dabei im Laufe und in Folge des Versuches selbst Aenderungen in der Beschaffenheit der untersten Flüssigkeitsschichten sich einstellen.

Es kann nicht geleugnet werden, dass theoretisch dieser Einwand seine Berechtigung haben mag, für die Praxis aber scheint er mir ziemlich hinfällig zu sein. Den Nachtheilen, welche sich ergeben konnten, glaube ich entgegengetreten zu sein, ausser durch die Grösse der Zelle selbst, erstens durch die ziemlich bedeutende Oberfläche der Filtrationsmembran, die 41,85 qcm. betrug, sodann durch die verhältnissmässig kurze Dauer der Versuche, drittens dadurch, dass durch das zuleitende Rohr neue Flüssigkeit direkt bis gegen den Boden der Zelle geführt wurde.

Ob übrigens durch das Vorbeiströmen der Flüssigkeit an der Membran, das ja wenigstens bei Runeberg's Versuchen «bald schneller, bald langsamer» in den einzelnen Versuchen geschah, und wobei dem Wandstrom, auf den es ja hauptsächlich ankommt, sicher immer nur eine geringe Geschwindigkeit mitgetheilt wurde, ob, meine ich, dadurch

die Qualität der Filtrationsflüssigkeit die gleiche blieb, ist mir eigentlich ebenso zweifelhaft, wie Schmidt selbst, der, obgleich er sich eines ähnlichen Apparates bediente, doch bemerkt: «ob mit dem Abfließen der Flüssigkeit der Zweck erreicht wurde, die Flüssigkeit über der Membran bei gleicher Concentration zu erhalten, ist mir sehr zweifelhaft»¹⁴).

Ausserdem bewogen gewisse praktische Rücksichten mich, den in vorbeschriebener Weise gestalteten Apparat zu benutzen, unter welchen die auf die Constanz der Temperatur bezüglichen die hauptsächlichsten sind. Wollte ich den von Runeberg angegebenen Apparat in Gebrauch ziehen, so hätte ich nicht nur den Filtrationsapparat und das Reservoir, sondern auch den ganzen übrigen Apparat, in specie die von letzterem zu ersterem führenden Röhren vollständig mit einem Wassermantel umgeben müssen, und auch dann wäre es mit Schwierigkeiten verbunden gewesen, nicht nur die Temperatur constant zu erhalten, sondern sie überhaupt zu messen.

Da jeder Versuch, um vergleichbare Resultate zu haben, aus mehreren — mindestens zwei — Einzelversuchen (ich will sie als Abtheilungen eines Versuches bezeichnen) bestehen musste, ich aber, um das Filtrat zu erhalten, nach jedem einzelnen den Apparat auseinanderzunehmen, vor dem nächsten ihn zusammenzufügen genöthigt war, so musste zwischen je zwei Versuchen eine Frist liegen, während deren ich übrigens in jedem Falle die Membran unter die gleichen Verhältnisse zu bringen mich bemühte. Ein gewisses Zeitintervall zwischen den einzelnen Abtheilungen war aber, abgesehen von dieser Ursache, die im Apparate liegt, durch die Sache selbst bedingt, da die Temperaturerhöhung resp. -Erniedrigung stets eine gewisse Zeit erforderte. Dies hätte sich bei keinem Apparate vermeiden lassen.

In Uebrigen scheint mir aber der Apparat Alles zu leisten, was die Sache verlangt. Auf welche Weise der Druck während der einzelnen Versuche constant erhalten wurde, ist schon angeführt; da aber an der Stellung des oberen Reservoirs nie etwas geändert wurde, auch die Zelle stets in dem-

selben Niveau eingestellt wurde, so kann der Druck wohl als constant für alle Versuche bezeichnet werden.

Was die Temperatur betrifft, so gelang es mir dadurch, dass ich nach der Zusammenstellung des Apparates erst dann die Füllung der Zelle vornahm, wenn deren Luft ziemlich die für die einzufüllende Flüssigkeit beabsichtigte Temperatur angenommen hatte, es dahin zu bringen, dass die Flüssigkeit in der Zelle um einen, höchstens zwei Grade Celsius sich in ihrem Wärmegrade von dem des Reservoirs unterschied, ein Wärmegrad, der in Folge des umgebenden Wassermantels innerhalb der Versuchsdauer — abgesehen von den ersten, noch unvollkommenen — bei allen Versuchen ganz constant blieb oder doch nur um $\frac{1}{2}$ — 1° C. sank.

Auf einen Punkt nahm ich bei den Versuchen mit höherer Temperatur ganz besondere Rücksicht, das ist der Einfluss, den die Verdunstung auf die Filtratmenge, und demzufolge deren relative Concentration nehmen konnte. Bei jedem Versuche, bei dem die Möglichkeit, dass dies eintreten könnte, vorlag, wurde die innere Fläche des die Zelle A aufnehmenden Gefässes G mit Bäuschen nassen Filtrirpapiers ausgelegt, und ebenso wurde die untere, der Filtrationszelle zugekehrte Fläche des Deckels D mit Lagen feuchten Filtrirpapiers versehen, die bis über den Rand von G hinausreichten und so einen ziemlich sicheren Verschluss gegen die Verdunstung nach aussen abgaben. Schliesslich wurde auch die obere Fläche des Deckels dicht mit nassen Papierbäuschen belegt.

Um aber ganz sicher zu sein, dass diese Cautelen ausreichen, stellte ich — an verschiedenen Tagen — zwei Controllversuche an, deren Resultate ich hier gleich mittheilen will.

Diese Versuche bestanden darin, dass ich einmal das zum Versuche benutzte Serum analysirte und die sich ergebenden Werthe verglich mit denen, welche ich erhielt, wenn ich anstatt die auf 40° erwärmte Flüssigkeit durch die Membran hindurchfiltriren zu lassen, sie einfach aus dem Ende des zuleitenden Rohres F so langsam heraustropfen liess, dass ich in einer den übrigen Versuchen entsprechenden Zeit un-

gefähr die gleiche Flüssigkeitsmenge erhielt. Den zweiten Controllversuch suchte ich übrigens den sonstigen Filtrationsversuchen noch ähnlicher zu gestalten, dadurch dass ich die Zelle statt mit einer Membran mit einem durchbohrten zweiten Korke schloss und nun langsam die Flüssigkeit, deren Temperatur man hier direkt ablesen konnte — während vorher die im Raume herrschende Lufttemperatur gemessen wurde —, abtropfen liess. Ich erhielt folgende Werthe:

Controllversuch I:

	a) Serumprobe:	b) herabgetropfte Flüssigkeit:
Menge	7,881 gr.	6,821 gr.
fester Rückstand . . .	0,667 gr. = 8,463%	0,579 gr. = 8,488%
anorganisches	0,075 gr. = 0,957%	0,063 gr. = 0,923%
organisches	0,582 gr. = 7,506%	0,516 gr. = 7,564%

Die Differenz der Gesamttrückstände ist also 0,025%. Dieser Werth ist der zuverlässigste der drei angeführten, weil er der am schnellsten und durch die wenigsten Manipulationen gefundene ist, Beobachtungsfehler also hier am ehesten auszuschliessen sind. Dass die Werthe für die organische Materie allein in etwas weiteren Grenzen liegen, erklärt sich durch den Befund der correspondirenden anorganischen Stoffe.

Controllversuch II ergab Folgendes:

	a) Serumprobe:	b) herabgetropfte Flüssigkeit:
Menge	6,791 gr.	4,3925 gr.
fester Rückstand . . .	0,544 gr. = 8,158%	0,358 gr. = 8,147%
anorganisches	0,047 gr. = 0,693%	0,0305 gr. = 0,692%
organisches	0,507 gr. = 7,465%	0,3274 gr. = 7,455%

Hier ist die Differenz der Gesamttrückstände nur 0,011%, aber während bei Versuch I die Serumprobe weniger concentrirt war, ist sie hier concentrirter.

Ich glaube, dass man bei Betrachtung der Resultate schon jedes einzelnen Versuches dem Apparate eine hinreichende Genauigkeit im Punkte der Verdunstung nicht absprechen kann, zumal sich in den Filtrationsversuchen selbst

die Differenzen als weit grösser erweisen und oft bis 0,6% steigen. Vergleicht man aber beider Versuche Resultate mit einander, und beachtet man, dass im ersten Tropfversuche die Flüssigkeit concentrirter, im zweiten weniger concentrirt ist, so wird man noch weniger einen Fehler im Apparate annehmen, diese Differenzen vielmehr für Fehler der Beobachtung gelten lassen, da hier die hundertstel Procente der relativen Werthe den bei Feststellung der absoluten Werthe gefundenen Milligrammen entsprechen.

Bevor ich nun dazu übergehe, die Versuche und deren Resultate selbst zu beschreiben, will ich noch einige Worte über die Methode, nach welcher ich verfuhr, um die einzelnen Werthe zu finden, hinzufügen.

Das aufgesammelte Filtrat wurde sofort in demselben Gefässe, einem kleinen leichten ca. 30—35 gr. fassenden Wägegöläschen mit geschliffenem Deckel, gewogen, sodann unter den nöthigen Vorsichtsmassregeln in einen Porzellantiegel geschüttet, zur Trockniss verdampft, der Trockenrückstand 1—1½ Stunde im Trockenofen bei 120° C. belassen und, nachdem er im Exsiccator erkaltet war, gewogen. Zu grösserer Genauigkeit wurde er noch einmal für 1—1½ Stunde in den Trockenofen gebracht und noch einmal gewogen; der kleinere von beiden Werthen — wenn überhaupt sich ein Unterschied ergab — wurde zur weiteren Berechnung benutzt. — Dieser Gesammtrückstand wurde nun vollkommen verkohlt, aus dem Kohlenrückstande die anorganischen löslichen Stoffe mit Wasser ausgezogen und nun die Kohle, die noch geringe Mengen unlöslicher Stoffe enthielt, bei hoher Temperatur verascht, bis der Tiegelinhalt vollkommen weiss gebrannt war. Nachdem nun die Lösung der anorganischen Substanzen hinzugefügt war und gleichfalls zur Trockniss abgedampft, wurde eine neue Wägung des Tiegels vorgenommen, welche mir das — durch vorherige Wägung bekannte — Gewicht des Tiegels, vermehrt um das Gewicht der anorganischen Substanzen, angab. Durch Subtraktion dieses Werthes von dem zuvor gefundenen, den Gesammtrückstand angehenden, erhielt ich

den Werth für die organische Substanz allein *) — Aus diesen absoluten Werthen, verglichen mit der Menge des Filtrats, wurden nun die procentischen berechnet.

Der Beginn und das Ende eines jeden Versuches wurden genau verzeichnet, ebenso die Zeit, welche zwischen je zwei Abtheilungen desselben Versuches verstrich, während welcher die aufgebunden bleibende Membran vom Druck entlastet, aber vom Serum umspült, also immer völlig durchfeuchtet war. Um diesem letzten Erfordernisse sicher zu genügen, liess ich gewöhnlich zu Beginn eines Versuches die Filtration erst 15' vor sich gehen, ohne die filtrirte Menge weiter zu berücksichtigen, und begann die Berechnung erst mit der nächsten Portion.

Als Membran diente durchweg getrocknete Schweinsblase, die erst in Wasser, dann in Serum erweicht wurde, und von deren Unverletztheit ich mich jedesmal überzeigte. Versuche, welche ich mit anderen Blasen machte, führten zu keinem befriedigenden Resultate, da sich meist undichte Stellen fanden, entweder weil die Membran den Druck nicht ausschliess, oder in Folge allzu ungleichmässiger Anordnung der Muskelfasern, die an manchen Stellen weite Lücken zwischen sich liessen, aus denen dann die Flüssigkeit ziemlich schnell heraustropfte.

Jede Membran wurde mindestens für alle Abtheilungen eines Versuches benutzt, um für diese dieselbe Spannung der Membran annehmen zu können, zuweilen benutzte ich

*) Dass diese «organische Substanz» sich im Wesentlichen mit dem Begriff «Eiweiss» deckt, geht aus folgendem Versuch hervor, in welchem für verdünntes Serum und für das daraus erhaltene Filtrat erstens die organische Substanz wie oben angegeben und zweitens das Eiweiss nach Hoppe-Seyler's Handbuch der Analyse, 5. Aufl. S. 423, durch Ausfällen mit Alkohol bestimmt wurde. Ich erhielt:

für das Serum 1) 2,879% und 2) 2,866%.

für das Filtrat 1) 2,506% und 2) 2,495%.

Bei letzterer Bestimmung wurde der Eiweissniederschlag verascht: nach Abzug der Asche berechnete sich der Eiweissgehalt des Filtrats auf 2,4715%.

aber auch dieselbe Membran für mehrere Versuche. Ich liess sie dann gewöhnlich aufgespannt trocknen und erweichte sie vor dem Wiedergebrauch erst mit Wasser, dann mit Serum und setzte sie darauf eine Zeit lang dem Drucke aus, bevor ich den neuen Versuch begann.

Der Druck betrug in allen Versuchen 84,3 cm. der Filtrationsflüssigkeit, die Grösse der Filtrationsfläche $= r^2 \pi = 3,65^2 \pi = 41,85$ qcm.

Nach einigen mehr oder minder rohen Vorversuchen, die weniger der Sache selbst als der Prüfung des Apparates galten, begann ich meine Untersuchungen, die sich zuerst nur auf die Mengenverhältnisse des Filtrats und auf die absoluten Werthe der in ihm sich findenden festen Bestandtheile bezogen, bei wechselnder Temperatur der filtrirenden Lösungen.

Was die Mengen des Filtrats betrifft, so waren diese bei höherer Temperatur constant grösser als bei niedriger; es nimmt zweifellos die filtrirende Wassermenge bei höherer Temperatur zu. Aber ebenso wie die Quantitäten des Filtrats, stiegen und fielen auch bei zu- resp. abnehmender Temperatur die Mengen der Gesammtrückstände und, was festzustellen besonders mich interessirte, der in ihnen enthaltenen organischen Substanzen.

Ich gebe zunächst die Resultate derjenigen Versuche, bei welchen ich grosse Temperaturdifferenzen nahm, wobei ich bemerken will, dass die Versuchsnummer sich auf die zeitliche Reihenfolge der Versuche bezieht.

Vorversuch: d. 27./II. 85. Membran: getrocknete Schweinsblase, erweicht. Filtrationsflüssigkeit: verdünntes, filtrirtes Blutserum. Fest. Rückstand: 2,366%, organ.: 2,083%, anorgan.: 0,283%.

Temp.	Dauer.	Filtratmenge.	Wassermenge.	fest. Rückst.	organ.	anorgan.
a) 15° C.	3 $\frac{1}{4}$ Std.	10,652 gr.	10,428	0,224	0,191	0,033
b) 25—22 $\frac{1}{2}$	2 $\frac{3}{4}$ »	12,698 »	12,448	0,25	0,2498	0,01

Versuch 2 d. 3./III. Membran: die vorige, ruhte 16 Std.; war getrocknet; erweicht. Serum: dasselbe.

	Temp.	Dauer.	Filtratmenge.	Wasser- menge.	fest. Rückst.	organ.	anorgan.
a)	35 $\frac{1}{2}$ °	1 Std. 45'	15,9755	15,6505	0,325	0,283	0,042
b)	16 $\frac{1}{4}$ °	1 » 45'	8,8345	8,6610	0,1735	0,135	0,0385

Versuch 3 d. 5./III. Membran: frische, getrocknete Schweinsblase, erweicht, unter Druck gesetzt. Serum: dasselbe.

	Temp.	Dauer.	Filtratmenge.	Wasser- menge.	fest. Rückst.	organ.	anorgan.
a)	15°	$\frac{3}{4}$ Std.	2,91	2,841	0,070	0,058	0,012
b)	36—37°	$\frac{3}{4}$ »	10,9095	10,6565	0,253	0,214	0,039

Versuch 4 d. 7./III. Membran: neue, getrocknete Blase: wie die vorige behandelt. Serum: dasselbe.

	Temp.	Dauer.	Filtratmenge.	Wasser- menge.	fest. Rückst.	organ.	anorgan.
a)	15°	35'	?	?	0,0730	0,0565	0,0165
b)	37—36°	35'	6,0065	5,8085	0,198	0,116	0,082

Versuch 5 d. 9./III. 85. Membran: die vorige, hat 33 Std. geruht, getrocknet; Serum: frisches mit fest. Rückstand: 2,323%, organ.: 2,1%, anorgan.: 0,223%.

	Temp.	Dauer.	Filtratmenge.	Wasser- menge.	fest. Rückst.	organ.	anorgan.
a)	33° C.	30'	9,385	9,1925	0,1905	—	—
b)	20° C.	30'	17,026	16,7195	0,3065	0,2725	0,034
c)	38° C.	30'	31,7095	30,9790	0,7305	0,6365	0,0940
d)	21 $\frac{1}{4}$ ° C.	30'	12,2195	12,0785	0,141	0,126	0,015

Wie ersichtlich, ergibt Abtheilung a des letzten Versuches, trotzdem hier die Temperatur um 13° höher liegt als in Versuch b, doch Werthe, welche fast um die Hälfte kleiner sind, als die in Versuch b.

Hier glaube ich die Berechtigung zu haben, die Trockniss der Membran beim Versuch a zur Erklärung heranzuziehen, zumal da ich die Membran, die übrigens noch nicht ganz getrocknet war, als ich den Versuch anstellte, nicht so lange wie gewöhnlich erweichte. Dass nicht der Druck, dem diese Membran, wie alle vor dem ersten Versuche ausgesetzt war, dafür verantwortlich zu machen ist, dafür scheinen mir die Resultate der bisherigen Versuche; bei denen dieselbe

Versuchsordnung herrschte, zu sprechen, speciell Versuch 2, bei dem auch zuerst hohe, dann niedrigere Temperatur angewandt wurde, und ich doch zuerst 15 gr. und dann 8 gr. Flüssigkeit erhielt; ausserdem Versuch 7, dessen erste Abtheilung gerade mit Rücksicht auf dies Ergebniss in seiner Anordnung variirt wurde. Möglich übrigens, dass bei Abtheilung d des fünften Versuches sich der Druck, unter dem die Membran sich 90' — freilich mit Unterbrechung — befand, schon etwas geltend macht, denn das Weniger an Flüssigkeit und fester Substanz beträgt doch hier bedeutend mehr, als unter denselben Verhältnissen die Zunahme zwischen b und c. Ich würde hiermit der zuerst von Eckhard aufgestellten, zuletzt besonders von Runeberg vertheidigten Anschauung folgen, dass Belastung die Membran weniger permeabel macht, einer Anschauung, mit welcher wohl nur Schmidt's Resultate in Widerspruch stehen.

Versuch 6 d. 12. III. 85. Membran: neue, getrocknete, erweichte Schweinsblase. Serum: das vorige.

	Temp.	Dauer.	Filtratmenge.	Wasser- menge.	fest. Rückst.	organ.	anorgan.
a)	15° C.	30'	1,65 gr.	—	—	—	—
b)	33 ³ / ₄ ° C.	30'	5,1715 gr.	5,0590	0,1125	0,098	0,0145
c)	24—25° C.	30'	4,1035 gr.	4,0150	0,0885	0,0755	0,013

Bei den nächsten beiden Versuchen, die ich mit grösseren Temperaturdifferenzen anstellte, verwandte ich Eiereiweiss, um auch für dieses den Einfluss der Temperatur festzustellen.

Versuch 9 d. 19. III. 85. Membran: Schweinsblase, die schon für einen Versuch (8) benutzt wurde; wird wie früher zum Versuch vorbereitet. Filtrationsflüssigkeit: Eiereiweisslösung mit 2,305% Gesammtrückstand; organ.: 2,190%; anorg.: 0,105%.

	Temp.	Dauer.	Filtratmenge.	Wasser- menge.	fest. Rückst.	organ.	anorgan.
a)	15°	25'	4,0025	3,9325	0,07	0,058	0,012
b)	25°	25'	4,914	4,817	0,097	0,092	0,005
c)	25°	25'	4,5275	4,4345	0,093	0,085	0,008
d)	32 ¹ / ₂ °	25'	5,1395	5,0380	0,1015	0,095	0,0065

Versuch 10 d. 21./III. 85. Membran: die im vorigen Versuch benutzte. Filtrationsflüssigkeit: dieselbe Eiereiweisslösung.

	Temp.	Dauer.	Filtratmenge.	Wasser- menge.	fest. Rückst.	organ.	anorgan.
a)	15°	30'	2,7715	2,7220	0,0495	0,043	0,0065
b)	32 ¹ / ₂ °	30'	5,9535	5,8450	0,1085	0,0995	0,009
c)	39°	30'	6,245	6,131	0,114	0,1025	0,0115

Alle folgenden Versuche stellte ich wiederum mit Blutserum an.

Versuch 11 d. 24. III. Membran: die in den vorigen Versuchen benutzte Schweinsblase. Filtrationsflüssigkeit: frisches, filtrirtes, unverdünntes Blutserum mit 8,810% Gesamtrückstand, 7,901% organischen und 0,908% anorganischen Bestandtheilen.

	Temp.	Dauer.	Filtratmenge.	Wasser- menge.	fest. Rückst.	organ.	anorgan.
a)	13°	30'	3,495	3,229	0,266	0,233	0,033
b)	30°	30'	9,0485	8,3395	0,709	0,645	0,064
c)	41—40 ¹ / ₂ °	30'	7,6950	—	—	—	—
d)	38 ¹ / ₂ °	30'	9,8705	—	—	—	—
e)	27 ¹ / ₂ °	30'	7,453	—	—	—	—

Der Versuch c bietet in der Folge der Versuche, wie ich sie hier eingehalten habe, den zweiten Fall dar, wo sich bei höherer Temperatur eine Verminderung der Menge herausstellt, und jedenfalls ist auch hier die Trockniss dafür verantwortlich zu machen: Zwischen je zweien der 5 Abtheilungen lag ein Zeitraum von ca. 20', während dessen die Membran wie gewöhnlich entlastet war; jedoch hatte ich verabsäumt, vor dem dritten Versuche die Zelle in gehöriger Weise in Serum hineinzusetzen. Zur Controlle machte ich nun noch die Mengenbestimmungen von zwei Versuchen d und e, welche die gewöhnlichen Resultate ergaben.

Versuch 13 d. 1./IV. 85. Membran: neue getrocknete Schweinsblase, wie bisher behandelt; Filtrationsflüssigkeit: Blutserum verdünnt 1 : 2 aqua.

	Temp.	Dauer.	Filtratmenge.	Wasser- menge.	fest. Rückst.	organ.	anorgan.
a)	15°	30'	0,4855	0,4745	0,011	0,008	0,003
b)	31°	30'	1,4585	1,4175	0,0410	0,034	0,007
c)	40°	30'	2,211	2,148	0,063	0,056	0,007

Die Quantitätsdifferenzen, welche so bedeutende Temperaturunterschiede, wie ich sie mit Absicht für diese Versuche verwendete, bewirken, treten trotz der unvermeidlichen Störung, welche durch wechselnde Zustände der Membran bedingt sind, deutlich hervor. Um aber zu sehen, ob auch kleinere Temperaturdifferenzen gleichfalls schon Unterschiede hervorrufen, stellte ich die folgenden Versuche mit 5° C. Differenz an, hielt mich dabei übrigens aus besonderen, später zu erörternden Gründen zwischen ca. 37° und 42° C.

Versuch 7 d. 13./III. 85. Membran: frische, getrocknete Schweinsblase, nicht ganz erweicht, nicht zuvor unter Druck gesetzt. Serum: 2,323% Gesamtrückstand, 2,1% organ., 0,223% anorgan. Rückstand.

	Temp.	Dauer.	Filtratmenge.	Wasser- menge.	fest. Rückst.	organ.	anorgan.
a)	40°	20'	4,9745	—	—	—	—
b)	37 $\frac{1}{2}$ °	20'	5,998	5,859	0,139	0,123	0,016
c)	42 $\frac{1}{2}$ °	20'	6,645	6,4926	0,1515	0,1385	0,013

Auf die Abtheilung a dieses Versuches wurde schon bei Besprechung des Versuches 5 hingewiesen.

Es ist dies nämlich der dritte Fall, in welchem ich trotz höherer Temperatur eine kleinere Filtratmenge erhalten habe. Aber hier geschieht dies nicht zufällig, vielmehr sind die Bedingungen, unter welchen die Abtheilung a vor sich geht, derart gewählt, dass ein eventueller Einfluss der Trockniss. auf den Versuch 5 und 11 mit Wahrscheinlichkeit hinweisen, sicher festgestellt werden kann. Ein gewisser Grad von Trockniss wurde mit Absicht bestehen lassen, während jeder Einfluss des Druckes als ausgeschlossen erachtet werden muss, und doch sehen wir trotz der Temperaturerniedrigung im Versuch b die Menge von 4,9 auf 5,9 steigen, also fast um 25%.

Um dem Einwande zu begegnen, dass vielleicht auch die Steigerung zwischen Versuch b und c gar nicht durch die Temperatursteigerung bedingt sei, sondern noch auf die gleiche Ursache, ungenügende Durchfeuchtung der Membran, zurückzuführen, dass bei einem vierten Versuche trotz einer Temperaturerniedrigung die Mengen möglicherweise noch

weiter zugenommen hätten, stellte ich den nächsten Versuch unter Innehaltung derselben Filtrationsdauer, wie bei Versuch 7 von 20', derselben Intervalle zwischen den einzelnen Abtheilungen von gleichfalls 20' und derselben Temperaturen in der Weise an, dass niedere und höhere Temperaturen mit einander abwechselten. — Die Resultate entsprechen auch hier ganz der Einwirkung der Temperatur in demjenigen Sinne, wie ich es vor der Beschreibung der einzelnen Versuche angeführt habe.

Versuch 8 d. 16./III. 85. Membran: die im vorigen Versuch benutzte; erweicht; unter Druck gesetzt; Filtrationsflüssigkeit: dasselbe verdünnte Blutserum wie in Versuch 7.

	Temp.	Dauer.	Filtratmenge	Wasser- menge.	fest. Rückst.	organ.	anorgan.
a)	38 ³ / ₄ °	20'	6,7025 gr.	6,5625	0,140	0,121	0,019
b)	42 ¹ / ₂ °	20'	7,2755 »	7,1290	0,1465	0,1315	0,015
c)	37 ¹ / ₂ —38 ¹ / ₂ °	20'	6,6655 »	6,5295	0,136	0,114	0,022
d)	42 ¹ / ₂ °	20'	7,6885 »	7,5315	0,157	0,141	0,016

Versuch 12 d. 25./III. 85. Membran: die in den vorhergehenden Versuchen benutzte. Filtrationsflüssigkeit: Blutserum mit 8,81 % festen, 7,901 % organischen, 0,908 % anorganischen Bestandtheilen.

	Temp.	Dauer.	Filtratmenge.	Wasser- menge.	fest. Rückst.	organ.	anorgan.
a)	35 ¹ / ₂ °	45'	3,762	3,426	0,236	0,202	0,034
b)	40 ¹ / ₂ °	45'	4,3575	4,068	0,2895	0,25	0,0395

Aus den Resultaten dieser 13 Versuche, sowohl der mit grossen, als auch der mit geringen Temperaturdifferenzen, scheint mir als vollkommen sicher hervorzugehen, dass bei höherer Temperatur sowohl die Filtratmenge zunehme, wie auch der gesammte feste Rückstand und speciell die in ihm enthaltenen organischen Bestandtheile sich vermehren. Ob freilich ein bestimmtes Verhältniss zwischen der Vermehrung der Temperatur und der Zunahme der Filtrat- resp. Rückstandsmengen statthat, ob vielleicht beide einander proportional sind, das lässt sich mit Sicherheit aus den Versuchen nicht schliessen, wenn auch nicht zu verkennen ist, dass die grössere oder geringere Temperaturdifferenz zwischen zwei Versuchs-

abtheilungen sich deutlich in den Ergebnissen des Filtrats ausdrückt. Wo zwischen zwei Versuchen die Unterschiede in der Temperatur bedeutende waren: 10° — 15° — 20° , da sind auch die Filtratmengen dementsprechend um das Doppelte, ja Dreifache von einander verschieden, wo die Unterschiede nur 5 — 8° betragen, da zeigen auch die Filtrate weit kleinere Differenzen. Man vergleiche z. B. Versuch 2:

		Menge.	fest. Rückst.	organ.
a)	35°	15,9755	0,325	0,283
b)	$16\frac{1}{4}^{\circ}$	8,8345	0,1735	0,135

Versuch 5:

a)	20°	17,026	0,3065	0,2725
b)	$38\frac{3}{4}^{\circ}$	31,7095	0,7305	0,6365

Versuch 11:

a)	13°	3,495	0,266	0,233
b)	30°	9,048	0,709	0,645

u. a., und halte dem gegenüber die Resultate folgender Versuche:

Versuch 7:

b)	$37\frac{1}{2}^{\circ}$	5,998	0,139	0,123
c)	$42\frac{1}{2}^{\circ}$	6,645	0,1524	0,1385

Versuch 8:

a)	$38\frac{3}{4}^{\circ}$	6,7025	0,140	0,121
b)	$42\frac{1}{2}^{\circ}$	7,2755	0,1465	0,1315
c)	$37\frac{1}{2}$ — $38\frac{1}{2}^{\circ}$	6,665	0,136	0,114
d)	$42\frac{1}{2}^{\circ}$	7,6885	0,157	0,141

ferner auch Versuch 10 und 13, bei welchen zwischen den einzelnen Abtheilungen sowohl grössere wie geringere Differenzen liegen.

Von einer Reihe von Werthen, die ich in der letzten Columne der Versuchstabellen mit aufgeführt habe, und welche die Verhältnisse der anorganischen Substanzen betreffen, ist bisher noch nicht die Rede gewesen, und wenn dies auch nicht direkt zum Thema gehört, so will ich doch mit einigen Worten darauf hinweisen.

Bei allen denjenigen Versuchen, bei welchen ich die Temperaturunterschiede gross nahm, zeigt sich auch hier in allen Fällen — einen einzigen ausgenommen — eine Zunahme

der absoluten Werthe bei steigender Temperatur. Bei den Versuchen mit geringen Temperaturdifferenzen schwanken dagegen die Resultate; in Versuch 7 und 8 habe ich eine, wenn auch geringe, so doch deutliche Abnahme, in Versuch 12, der sich in denselben Temperaturgrenzen bewegt, ebenso wie im Vorversuch und im Versuch 6 zwischen b und c, habe ich Erhöhungen zu constatiren. — Bei der Kleinheit der Werthe, um welche es sich handelt und welche einerseits mit der geringen Menge anorganischer Substanz, die überhaupt vorhanden ist, andererseits mit der geringen Temperaturdifferenz zusammenhängt, bei dem Zwiespalt der Resultate, die eine Auffassung in dem einen oder anderen Sinne zulassen, und endlich der Analogie der bisher gefundenen Thatsachen folgend, möchte ich mich der Annahme zuneigen, dass auch die Menge der anorganischen Substanzen zunehme — freilich weniger als die Flüssigkeitsmenge und in geringerem Massstabe als die der organischen, ein Punkt, auf den ich bei Darlegung der Verhältnisse zurückkommen werde, welche die relativen d. h. procentischen Filtratmengen betreffen. —

Eben diese procentischen Werthe etwas genauer zu betrachten, dazu will ich jetzt, nachdem ich die absoluten Werthe ausführlich besprochen habe, übergehen. — Auch hier werde ich die anorganischen von den organischen Werthen gesondert behandeln, werde jedoch der besseren Vergleichung halber beide Werthe in der nächsten Tabelle neben einander stellen. Wie oben angegeben, sind diese Werthe aus der absoluten Menge der filtrirten festen Bestandtheile im Verhältniss zur Menge der filtrirten Flüssigkeit berechnet, und zwar wurden der Gesammtrückstand, die organischen und anorganischen Stoffe für sich gesondert berechnet, um aus der Addition der letzteren zugleich eine Probe für die Richtigkeit aller drei Resultate zu haben. Es ergab sich Folgendes:

	Temp.	Menge gr.	fest. Rückst. "	organ. "	anorgan. "
Versuch 2.	Verd. Blutserum		2,366	2,083	0,283
a)	35°	15,9755	2,034	1,771	0,262
b)	16½ 4°	8,8345	1,964	1,528	0,435

	Temp.	Menge gr.	fest. Rückst.	organ.	anorgan.
Versuch 3.		Verd. Serum	2,366	2,083	0,283
a)	15°	2,91	2,319	1,962	0,357
b)	36—37°	10,9095	2,37	1,958	0,412
Versuch 5.		Verd. Serum	2,323	2,10	0,223
a)	33°	9,385	2,029	—	—
b)	20°	17,026	1,799	1,6	0,199
c)	38 $\frac{3}{4}$ °	31,7095	2,303	2,007	0,296
d)	21 $\frac{1}{4}$ °	12,2195	1,153	1,03	0,123
Versuch 6.		Verd. Serum	2,323	2,10	0,223
b)	33 $\frac{3}{4}$ °	5,1715	2,178	1,895	0,283
c)	24—25°	4,1035	2,155	1,839	0,316
Versuch 9.		Verd. Eiereiweiss	2,295	2,19	0,105
a)	15°	4,0025	1,748	1,449	0,299
b)	25°	4,914	1,973	1,872	0,101
c)	25°	4,5275	2,051	1,877	0,174
d)	32 $\frac{1}{2}$ °	5,1395	1,974	1,848	0,126
Versuch 10.		Verd. Eiereiweiss	2,295	2,19	0,105
a)	15°	2,7715	1,785	1,551	0,234
b)	32 $\frac{1}{2}$ °	5,9535	1,822	1,671	0,151
c)	39°	6,246	1,825	1,641	0,184
Versuch 11.		Serum	8,809	7,901	0,908
a)	13°	3,495	7,608	6,666	0,943
b)	30°	9,0485	7,835	7,128	0,707
Versuch 13.		Verd. Serum.			
a)	15°	0,4885	2,264	1,648	0,616
b)	31°	1,4585	2,811	2,331	0,479
c)	40°	2,211	2,849	2,532	0,317
Versuch 7.		Verd. Serum	2,323	2,1	0,223
a)	37 $\frac{1}{2}$ °	5,998	2,316	2,05	0,266
b)	42 $\frac{1}{2}$ °	6,645	2,279	2,084	0,195
Versuch 8.		Verd. Serum	2,323	2,1	0,223
a)	34 $\frac{3}{4}$ °	6,7025	2,088	1,805	0,283
b)	42 $\frac{1}{2}$ °	7,2755	2,013	1,807	0,206
c)	37 $\frac{1}{2}$ —38 $\frac{1}{2}$ °	6,665	2,041	1,711	0,330
d)	42 $\frac{1}{2}$ °	7,6885	2,041	1,833	0,208
Versuch 12.		Verd. Serum	8,809	7,901	0,908
a)	35 $\frac{1}{2}$ °	3,726	6,273	5,369	0,904
b)	40 $\frac{1}{2}$ °	4,3575	6,642	5,737	0,905

Werfe ich, bevor ich die einzelnen Filtrate auf ihren procentischen Rückstand an festen Substanzen hin mit einander vergleiche, kurz einen Blick auf das Verhältniss, in dem der Filtratrückstand zu dem der ursprünglichen Lösung steht, so zeigt sich, dass der Gesammtrückstand des Filtrates stets mehr oder weniger hinter dem der ursprünglichen Lösung zurückbleibt, dass für die organischen Substanzen dasselbe gilt — eine Thatsache, in welcher alle neueren Untersucher übereinstimmen, sofern es sich nicht um leicht diffundirende Stoffe handelt —, dass dagegen in weitaus der Mehrzahl der Fälle das Filtrat an anorganischen Substanzen concentrirter ist, als die nicht filtrirte Lösung. Auch dieser Befund steht übrigens nicht vereinzelt da, denn Hoppe-Seyler liefert in seiner oben citirten Arbeit ein Beispiel dafür, und nach Schmidt geht aus einer Lösung, welche Chlornatrium neben Gummi enthält, procentisch mehr Chlornatrium und weniger Gummi in das Filtrat über.

Ueberblicken wir nun die Ergebnisse, welche die Filtrate, unter sich verglichen, ergeben, und fassen wir zunächst diejenigen Versuche, in denen grosse Temperaturdifferenzen zur Anwendung kamen, in's Auge, so finden wir für die Gesammtrückstände und organischen Substanzen das Folgende:

Die procentischen Werthe für die Gesammtrückstände sind bei den 8 Versuchen, welche hier in Betracht kommen, in 7 Fällen für die höheren Temperaturen höher, niedriger nur in Versuch 9, in welchem Abtheilung d bei $32\frac{1}{2}^{\circ}$ angestellt, gegen b (25°) keine deutliche Vermehrung, gegen c (ebenfalls 25°) sogar eine Herabsetzung zeigt. Der Temperaturunterschied ist hier ein verhältnissmässig geringer; gegen a (15°) lassen die drei folgenden Versuchsabtheilungen eine deutliche Steigerung erkennen. — In Beziehung auf die organischen Substanzen finden sich in den Resultaten der Versuche 9, 10 und 3 Abweichungen. In den beiden ersteren dieser drei Versuche ist die Temperaturdifferenz nur ca. 7° , bei Versuch 3 ist zu berücksichtigen, dass die Menge der

organischen Substanz absolut sich vervierfacht hat, aber mit der kolossalen Vermehrung der Wassertranssudation, welche von 2,9 gr. auf 10,9 gr. stieg, nicht ganz gleichen Schritt hielt. Uebrigens ist die Differenz von 0,004° eine so minimale, dass dieser Versuch nicht gegen die Mehrzahl verwerthet werden kann.

Betrachten wir nun die restirenden Versuche 8, 7, 12, welche mit Temperaturunterschieden von ca. 5° angestellt wurden, so zeigt sich, dass der Gesammtrückstand in den Versuchen 7 und 8a b bei der höheren, in den Versuchen 8c d und 12 bei der niedrigeren Temperatur geringer ist, dass dagegen in allen diesen Versuchen mit Erhöhung der Temperatur eine mehr oder minder starke Vermehrung der organischen Materie sich herausstellt.

Was die anorganischen Substanzen betrifft, so stellt sich bei den in der vorstehenden Tabelle aufgeführten 11 — oder, wenn ich Versuch 8 in zwei Versuche a b und c d zerlege, 12 — Versuchen die ziemlich überraschende Thatsache heraus, dass die procentischen Mengen, welche das Filtrat an anorganischen Stoffen aufweist, in 9 resp. 10 Fällen bei höherer Temperatur geringer sind als bei niedrigerer. Eine geringere Concentration bei höherer Temperatur findet sich also in ca. 82% der Fälle.

Wenn man die correspondirenden Werthe für die organischen Substanzen überblickt, so könnte man vielleicht die Thatsache nicht besonders auffallend finden, denn diese sind ja mit Hilfe jener berechnet, und wo die einen vermehrt sind, zeigen sich die anderen vermindert. Diese Anschauung trifft jedenfalls nicht zu; sie würde richtig sein, wenn die Gesamtwerte sich gleich blieben, da aber diese selbst bei höherer Temperatur gesteigert sind — wenigstens doch in der grossen Mehrzahl der Fälle —, so wäre es möglich, dass sowohl organische als auch anorganische Substanzen sich betheiligten; in meinen Versuchen liegt aber die Zunahme in der Regel nur auf Seiten der organischen Substanz und ist so bedeutend, dass sie das Minus an anorganischer im Gesammtrückstand sogar übercompensirt. In Versuch 5 steigen

beide Werthe mit einander auf und ab; beide sind bei höherer Temperatur vermehrt und bei niederer vermindert.

		Organ. Substanz.		Anorg. Substanz.	
Versuch 5	b)	20°	1,600 ‰	0,199 ‰	
	c)	38 ³ / ₄ °	2,007 »	0,296 »	
	d)	21 ¹ / ₄ °	1,03 »	0,123 »	

In den beiden anderen Ausnahmefällen findet bei vermehrter anorganischer Substanz eine Verminderung organischer statt.

Fasse ich nun noch einmal die Resultate zusammen, welche ich bei der Filtration von Blutserum und Eiereiweiss durch Schweinsblase erhalten habe, so ergibt sich Folgendes:

1. Die Filtratmenge nimmt bei höherer Temperatur zu und zwar um so mehr, je mehr die Temperatur gesteigert wird.

2. Die Gesammtrückstände sind in ihren absoluten Mengen bei höherer Temperatur vermehrt, und auch hier ist die Zunahme um so grösser, je grösser die Temperaturdifferenzen sind.

In der grossen Mehrzahl der Fälle, nämlich in 9 von 11, sind auch die relativen Mengenverhältnisse bei höherer Temperatur grössere.

3. Die absoluten Werthe der organischen Bestandtheile zeigen einer grösseren oder geringeren Temperaturzunahme entsprechend eine mehr oder weniger bedeutende Steigerung.

Die procentischen, relativen Werthe sind bei erhöhter Temperatur gleichfalls in den meisten Fällen vermehrt.

4. Auch die anorganischen Substanzen scheinen, was die absolute Menge betrifft, bei höherer Temperatur in stärkerem Masse zu filtriren, jedenfalls hat aber eine Temperatursteigerung auf sie geringeren Einfluss, als auf die organischen Substanzen, denn die procentischen Mengen sind in der grossen Mehrzahl der Fälle bei höherer Temperatur vermindert.

Vom physikalischen Gesichtspunkte aus würde ich mit Anführung dieser Resultate meinem Thema Genüge geleistet haben. Da aber gerade die Filtration von Eiweisslösungen

durch thierische Membranen nicht nur dem Physiker, sondern jedenfalls in noch höherem Grade dem Physiologen und Pathologen Interesse abgewinnt, so will ich zum Schlusse eine kurze Betrachtung darüber anstellen, ob sich aus diesen physikalischen Versuchen nicht für ähnliche Vorgänge, die sich im thierischen Körper abspielen, etwas folgern liesse.

Kurz berühren will ich nur, dass die Resultate meiner Versuche vielleicht mit zur Erklärung der Differenz, welche sich im Eiweissgehalt zwischen Transsudat und Exsudat findet, herangezogen werden können; es wäre ja möglich, dass der grössere Eiweissgehalt der in fieberhaften Zuständen gesetzten Exsudate, abgesehen von anderen Ursachen, auch von der leichteren Filtrirbarkeit des Eiweisses bei höherer Temperatur abhinge.

Etwas näher möchte ich aber eingehen auf die in der Niere sich abspielenden Filtrations-Prozesse. Wenn auch im normalen Zustande — ich schliesse mich hier ganz den Ausführungen Senator's ¹⁵⁾ an — das Filtrat, das in die Harnkanälchen übergeht, ein «fast eiweissfreies» ist, so wenig Eiweiss enthält, dass dies mittels der gewöhnlichen Reaktionen nicht mit Sicherheit nachgewiesen werden kann, so ist doch ein vermehrter Uebertritt von Albumen in den Harn unter gewissen pathologischen Veränderungen ein überaus häufiger. Ich sehe hier ganz von den Fällen ab, bei welchen sich sicher nachweisbare Veränderungen des Nierenparenchyms, der Filtrationsmembran finden, und beschränke mich darauf hinzuweisen auf das Vorhandensein einer Albuminurie unter manchen allgemein pathologischen Zuständen. Unter diesen interessirt mich in Beziehung auf die von mir untersuchte Frage vorzüglich die Albuminurie im Fieber, die sog. «febrile Albuminurie».

Eine ganze Anzahl von ätiologischen Momenten sind durch klinische Erfahrungen, sowie durch das Experiment in ihrer Antheilnahme an der Hervorrufung dieses Vorganges mehr oder minder sichergestellt. Dies sind z. B. der vermehrte Blutdruck mit geringerer Ausscheidung von Harn-

wasser, wie er im Beginn fieberhafter Krankheiten vorkommt, Blutdruckverminderung mit verminderter Strömungsgeschwindigkeit in späteren Stadien u. a. m.

In letzter Zeit wies nun Senator auf eine physikalische Veränderung des Blutes hin, «welche vielleicht die Eiweiss-transsudation abnormer Weise zur Albuminurie steigern könnte, es ist dies die Zunahme der Temperatur.» — Meine Versuche haben eine absolute Zunahme des Filtrats an Eiweiss in allen, und eine Steigerung des procentischen Gehalts daran in den meisten Fällen ergeben, allein es ist doch dabei zu bedenken, dass diese Versuche überhaupt nicht unmittelbar mit den Vorgängen im Organismus in Parellele gestellt werden können, da es sich hier eben um todte Membranen handelt, ferner dass ich wirklich bedeutende, in's Gewicht fallende Ausschläge nur bei Temperaturdifferenzen erhalten habe, wie sie in der Oeconomie des thierischen Organismus dauernd überhaupt nicht vorkommen, dass ich bei denjenigen Versuchen hingegen, welche in ihren Temperaturunterschieden den Verhältnissen ungefähr analog sind, um welche es sich in fieberhaften Wärmehöhen handeln könnte, und bei welchen ich ziemlich die gleichen Wärmegrade 37° bis 42° C. anwandte, doch nur verhältnissmässig geringe Substanzzunahme zu constatiren hatte. Immerhin sprechen sie aber eher für als gegen die Annahme, dass die fieberhaft erhöhte Temperatur die Filtrirbarkeit des Eiweisses befördert, und da ausserdem in Folge gesteigerter Wasserverdunstung von der Haut der Urin concentrirter wird, so kann möglicherweise dadurch der relative Eiweissgehalt des Filtrats noch mehr steigen.

Vorderhand möchte ich indessen meine Resultate vorwiegend vom physikalischen Standpunkte betrachtet wissen; ob ein wesentlicher Einfluss auf die Erklärung physiologisch-pathologischer Erscheinungen daraus abzuleiten ist, scheint mir erst durch weitere Versuche erwiesen werden zu müssen.

Zum Schlusse ist es mir eine angenehme Pflicht, Herrn Professor Senator für die Güte, mit der er mir dies Thema zur Bearbeitung überwies, sowie Herrn Dr. Herter für die freundliche Anleitung, die er mir bei Anstellung der Versuche in seinem Laboratorium zu Theil werden liess, meinen aufrichtigen Dank zu sagen.

Literatur.

1. Valentin, Repert. für Anatomie und Physiologie, Bd. 8, S. 69 ff.
2. Hoppe-Seyler, Virch. Arch., Bd. IX.
3. Wittich, Virch. Arch., Bd. X.
4. Funke, Virch. Arch., Bd. XIII.
5. Eckhard, Beiträge zur Anat. und Physiol., Bd. I. und III.
6. Markus, Ueber die Filtration von Gummilösungen durch thierische Membranen. Giessen 1860. Diss. inaug.
7. H. Nasse, Untersuchungen über die Einflüsse, welche die Lymphbildung beherrschen. Marburg. 1871.
8. W. Schmidt, Versuche über Filtrationsgeschwindigkeit verschiedener Flüssigkeiten durch thierische Membranen. Poggendorff's Annalen, Bd. 99, und Ueber die Beschaffenheit des Filtrats bei Filtration von Gummi, Eiweiss etc. durch thierische Membranen. Poggendorff's Annalen, Bd. 114.
9. Runeberg, Archiv für Heilkunde, Bd. XVIII; Deutsches Archiv für klinische Medicin, Bd. XXIII; Zeitschrift für physiol. Chemie, Bd. VI.
10. Gottwalt, s. Zeitschr. für physiolog. Chemie, Bd. IV.
11. Schmidt, Poggendorff's Annal., Bd. 99, S. 350.
12. Runeberg, Archiv für Heilkunde, Bd. XVIII.
13. Hoppe-Seyler, Handbuch der physiologischen Chemie, § 75, und Virch. Arch., Bd. IX.
14. Schmidt, Poggendorff's Annalen, Bd. 114, S. 344.
15. Senator, Die Albuminurie im gesunden und kranken Zustande. S. 16 ff.