

Hollundermarkstückes in die Bauchhöhle. a Oberste Schicht der Darmmuskulatur. b Die wuchernde Serosa; die Bindegewebskörper, deren Proliferation am stärksten um die Gefäße ist, erscheinen nur zum geringen Theil netzförmig angeordnet, c Der eitrige Belag.

- Fig. 4. Eitrige Pericarditis vom 12ten Tage. a Aeusserste Schichten der Media der Aorta. b Adventitia der Aorta, subpericardiales und pericardiales Bindegewebe in lebhaftester Wucherung; dazwischen zahlreiche elastische Fasern, Gefäße und Fett. c Eiterschicht.
 Fig. 5. Von derselben eitrigem Pericarditis, die Entstehung der Eiterkörperchen aus den in vielkernige Schläuche umgewandelten Bindegewebzellen zeigend. Vergrösserung 320.
-

XXIII.

Experimentelle Untersuchungen über den Lymphstrom.

Von Dr. Woldemar Weiss aus Riga.

(Hierzu Taf. IX.)

Obgleich die vorliegenden Untersuchungen über den Lymphstrom bereits in meiner 1860 zu Dorpat erschienenen Inauguraldissertation veröffentlicht worden sind, so erscheint eine abermalige Mittheilung derselben nichts destoweniger gerechtfertigt, da Dissertationen theils schwerer zugänglich sind als Journale, theils hergebrachter Weise meist stiefmütterlich behandelt zu werden pflegen, während doch der untersuchte Gegenstand auch in weiteren Kreisen Interesse erregen dürfte.

Bei der Untersuchung der hydraulischen Verhältnisse im Lymphgefäßsystem kommt einerseits der Uebertritt der Lymphe in die Anfänge der Lymphgefässe, anderseits die Weiterbewegung des Inhalts der Lymphgefäßstämme nebst den zu beiden Vorgängen in Beziehung stehenden Verhältnissen in Frage. Da jedoch die Anfänge der Lymphgefässe für directe experimentelle Forschungen unzugänglich sind, so kann man zu einer richtigen Vorstellung von den in ihnen stattfindenden Vorgängen nicht anders als durch

Schlussfolgerungen gelangen. Sollen solche Schlussfolgerungen aber sich nicht in vage Hypothesen verlieren, so muss zuvor schon das physiologische Experiment die Causalmomente für die hydraulischen Verhältnisse in den grösseren Lymphgefässen aufgeklärt, und die anatomische Untersuchung über die Anfänge der Lymphgefässen zu Resultaten geführt haben, durch welche die bis jetzt bestehende Meinungsverschiedenheit anatomischer und physiologischer Autoritäten einer übereinstimmenden Ueberzeugung zu weichen genöthigt wird. Insofern diese Voraussetzung noch nicht erfüllt ist, darf wegen unzureichender thatsächlicher Grundlage die Frage, welche Kraft die Lymphe in die Anfänge der Lymphgefässen treibe, vorläufig unberücksichtigt bleiben, während die experimentelle Untersuchung sich vorzugsweise auf den Lymphstrom in den grösseren Lymphgefässen zu richten hat. Unter diesem Gesichtspunkte wurden die vorliegenden Untersuchungen angestellt, durch deren Bekanntmachung der Verfasser weiter nichts beabsichtigt, als zur Vervollständigung der thatsächlichen Kenntniss des genannten Gegenstandes einen Beitrag zu liefern, und nur accessorisch wird er die Frage berühren, wie weit schon jetzt, trotz der Lücken, welche die anatomische Forschung noch übrig gelassen, die experimentellen Erfahrungen sich zu einer Theorie der Lymphbewegung verwerthen lassen. Die Ungleichheit der hydraulischen Verhältnisse im Ductus thoracicus und in anderen Lymphgefäßstämmen lässt es als zweckmässig erscheinen, die Untersuchung des ersten von der letzteren zu trennen, und hiernach auch die nachfolgende Darstellung zu ordnen.

1. Seitendruck in den Lymphgefäßstämmen des Halses.

Die ersten und, soviel dem Verfasser bekannt, einzigen Untersuchungen über den Seitendruck in den Lymphgefässen sind von Dr. Noll unter Ludwig's Leitung ausgeführt*). Noll stellte seine Messungen des Seitendrucks in der Mitte des Halslymphstammes von mehreren Hunden und von einer Katze an. So wünschens-

*) Zeitschrift für rationelle Medizin, Bd. IX. S. 52. Ueber den Lymphstrom in den Lymphgefässen und die wesentlichsten anatomischen Bestandtheile der Lymphdrüsen. Von Dr. med. F. Noll.

werth es auch ist, wie Noll dies selbst hervorhebt, den Seiten-druck an verschiedenen Stellen der Lymphgefässe zu bestimmen, so mussten doch auch unsere Versuche grösstentheils sich damit begnügen, die Messungen des Seitendrucks an dem Halslymph-stamme vorzunehmen. Die Versuchsthiere, die dabei benutzt wurden, waren meist Füllen, denen theils wegen ihrer durch den stark gelb tingirten Inhalt überhaupt auffälligeren Lymphgefässe, theils wegen der muthmaasslich grösseren Weite des Halslymphstammes, theils wegen leichterer Beschaffung, der Vorzug vor Hunden und Katzen gegeben wurde. Doch sind auch zwei Hunde benutzt worden. An-fänglich wurden die Füllen durch Injection von Tinct. opii simp. in eine Jugularvene narcotisirt. Von diesem Narcoticum war jedoch eine sehr grosse Quantität erforderlich, um überhaupt eine merk-lieke Wirkung hervorzurufen, und nie wollte es dabei gelingen, die Thiere so weit zu beruhigen und alle willkürlichen Muskelacte so weit auszuschliessen, dass der Seitendruck in den Lymphgefäßsen, wie er unabhängig vom äusseren Drucke der Muskeln be-steht, hätte längere Zeit hindurch gemessen werden können. Selbst wenn so grosse Gaben angewendet wurden, dass die Thiere einige Stunden nach dem Experiment unter den Erscheinungen der Intoxication starben, wurden dieselben dadurch doch nicht nur nicht vollkommen ruhig, sondern es traten krampfhaftre Bewegungen ein, welche jede Messung des von der vis a tergo herstammenden Sei-tendrucks vereiteln. Zu diesen Unbequemlichkeiten gesellte sich noch der Uebelstand, dass die zum Zwecke der Opiuminjection geöffnete Vene mit einer Ligatur umschnürt werden musste, wodurch — worauf später noch zurückzukommen sein wird — auch die Druckverhältnisse in der Blutbahn und somit die vis a tergo Aen-derungen erleiden. — Aus diesen Gründen wurde zur Betäubung der Füllen das Chloroform in Anwendung gebracht, indem durch Einführung eines mit höchstens Dr. j Chloroform durchtränkten Propfes roher Baumwolle in ein Nasenloch in wenigen Minuten Schlaf erwirkt wurde. Obwohl die Thiere sich jetzt, im Vergleich zu den durch Opium narcotisirten, bedeutend ruhiger verhielten, so waren doch wieder auch hierbei die von Bewegungen völlig freien Pausen immer noch kürzer, als die beabsichtigten Versuche

es wünschen liessen. Deshalb wurden schliesslich noch einige Versuche an Hunden angestellt, die durch Opium narcotisirt waren. Bei diesen Thieren zeigte zwar das Opium die erwünschte Wirkung; doch lag keine Veranlassung vor, die Zahl der Versuche zu vermehren, da die angestellten Messungen mit den von Noll mitgetheilten Beobachtungswerten des Seitendrucks vollkommen übereinstimmten. Bei den an Füllen angestellten Versuchen waren, wie bereits bemerkt, die Muskelbewegungen nicht zu eliminiren. Dennoch sollen einige von unseren Beobachtungsreihen mitgetheilt werden, theils weil aus ihnen, ungeachtet der störenden Muskelbewegungen, die sich als auxiliäre Kräfte geltend machen, der Seitendruck, wie er bei Abwesenheit jedes äusseren Druckes im Lymphrohr vorkommt, sich wenigstens approximativ bestimmen lässt, theils auch, um mit Hülfe der gefundenen Druckwerthe die Bedeutung der Muskelbewegung für den Lymphstrom überhaupt ins volle Licht stellen zu können.

Zur Messung des Seitendrucks wurde ein mit einer kohlen-sauren Natronlösung von 1080 spec. Gewicht gefülltes Manometer, von der Form, wie sie dem Poiseuille'schen Hämodynamometer gewöhnlich gegeben wird, gebraucht, unter den bei derartigen Untersuchungen zu beobachtenden Cautelen, deren Erörterung hier um so mehr unterbleiben kann, da dieselben schon von Noll mit Genauigkeit angegeben sind*). Nur so viel sei angeführt, dass auch wir den Nullpunkt bald vor dem Experiment, bald nach ihm bestimmten, und namentlich, falls das Erstere geschehen war, Natronlösung in den längeren Schenkel der Manometerröhre nachgossen, um dadurch einen Controleversuch zu erlangen. Die Röhre, welche das mit einem Hahne versehene Ansatzstück mit dem Manometer verband, war aus Kautschuk, weshalb genau darauf geachtet wurde, dass die Kautschukröhre während des Versuchs ebenso wie bei Bestimmung des Nullpunktes eine unveränderte Stellung zum Manometer einnahm, was dadurch erreicht wurde, dass das mit einem Lothe versehene Manometer stets genau vertical, die Kautschukröhre aber stets horizontal in einer Ebene mit der dreischenkligen Kanüle gehalten wurde. Die trotz dieser Vorsichtsmaassregel mög-

*) Noll a. a. O. S. 62.

liche Breite der Beobachtungsfehler kann im Maximum auf 1 Millimeter geschätzt werden. Die dreischenklige Kanüle hatte eine Weite von 1,5 Mm.; das Gewicht der benutzten Füllen betrug im Mittel 230 Pf. (*). Zu den Versuchen wurde der Trunc. trachealis dexter benutzt. Die Beschreibung der Operation und der hier in Betracht kommenden anatomischen Verhältnisse kann übergegangen werden, da das hierbei zu befolgende Verfahren sich bald von selbst ergiebt, sobald die bezüglichen Versuche in Angriff genommen werden.

Experiment I. Injection von circa Dr. 6 Tinct. opii simp. Nach den erforderlichen Vorbereitungen und der Einführung des Instrumentes ergab sich um 9 Uhr 45 Min. eine Höhe v. 10 Mm. CO_2NaO -Lösung.

-	-	46	-	-	17	-
-	-	47,3	-	-	22	-
-	-	48	-	-	30	-
-	-	48,5	-	-	31	-
-	-	50	-	-	22	- Auf dieser Höhe erhält sie sich trotz sehr beschleunigter Respiration. Nach einer sehr heftigen Bewegung des Thieres erhebt sie sich
-	-	51	auf 26	-	-	Bei einer heftigen Bewegung des Thieres wurde die Kanüle vom Manometer losgerissen. Die Mittheilung der fernerem Be- obachtungswerte dieses Versuchs unterbleibt, weil von jetzt ab die Bewegungen des Thieres zu häufig auf einander folgten, wodurch der von der vis a tergo ab- hängige Seitendruck ganz und gar verdeckt wurde.

Experiment II. Injection von circa Dr. 5 Tinct. op.
um 11 Uhr 45 Min. eine Höhe v. 10 Mm.

-	-	-	-	-	25	-
-	-	-	-	-	22	-
-	-	46,8	-	-	35	- Nach einer raschen Bewegung.
-	-	47	-	-	43	- Nach einer abermaligen Bewegung.
-	-	47,2	-	-	30	-
-	-	47,6	-	-	20	{ Sinkt unter starken Inspirationen.
-	-	47,9	-	-	15	-
-	-	48	-	-	11	- Während das Thier sich ruhig verhält.
-	-		-	-	20	- Nach einer starken Bewegung.
-	-		-	-	13	- Keine Schwankung trotz einer heftigen Bewegung.
-	-	50	-	-	25	- Nach einer heftigen Bewegung.
-	-	52	-	-	20	{ Während das Thier sich ruhig verhält.
				-	18	-

*) Es sind hier, wie an anderen Stellen, russische Pfunde gemeint. Das russische Pf. = 409,52 Grm.

um 11 Uhr 53 Min. eine Höhe v. 20 Mm.

-	-	56	-	-	22	-
-	-	57	-	-	27	- Nach einer mässigen Bewegung.
-	-	59	-	-	28	-

Experiment III. Füllen von 230 Pfd. Chloroform. Einfacher Trunc. trach. dexter.

Um 12 Uhr 30 Min. Stand d. Flüssigk. 0 Mm.

-	-	30,8	-	-	2	-
-	-	31	-	-	4	-
-	-	32,5	-	-	7	-
-	-	32,7	-	-	8	-
-	-	32,8	-	-	42	- Nach einer Bewegung.
-	-	33	-	-	37	-
-	-	33,2	-	-	33	-
-	-	33,3	-	-	31	-
-	-	33,4	-	-	29	-
-	-	33,8	-	-	28	-
-	-	33,9	-	-	27	-
-	-	34	-	-	26	-
-	-	34,4	-	-	25	-
-	-	34,5	-	-	24	-
-	-	34,8	-	-	19	-
-	-	34,9	-	-	17	-
-	-	35,2	-	-	16	-
-	-	35,5	-	-	14	-
-	-	35,7	-	-	12	-
-	-	36	-	-	11	-
-	-	36,2	-	-	42	- Nach einer Bewegung.
-	-	36,3	-	-	46	-
-	-	36,4	-	-	47	-
-	-	36,5	-	-	51	-
-	-	36,8	-	-	47	-
-	-	37	-	-	72	- Nach einer Bewegung.
-	-	37,2	-	-	71	-
-	-	37,3	-	-	69	-
-	-	37,5	-	-	66	-
-	-	37,8	-	-	59	-
-	-	37,9	-	-	58	-
-	-	38	-	-	56	-
-	-	38,3	-	-	54	-
-	-	38,6	-	-	53	-
-	-	39	-	-	51	- Die Kanüle wurde durch eine heftige Bewegung des Thieres herausgerissen.

Neue Beobachtungsreihe:

Um 12 Uhr 59,5 Min. Stand d. Flüssigk. 0 Mm.

-	-	59,7	-	-	2	-
-	-	59,9	-	-	3	-
-	1	1	-	-	3	-
-	-	2	-	-	4	-
-	-	2,1	-	-	10	-
-	-	2,2	-	-	12	-
-	-	2,3	-	-	13	-
-	-	2,6	-	-	11	-
-	-	2,8	-	-	10	-
-	-	3,9	-	-	9	-
-	-	4,5	-	-	12	-
-	-	4,6	-	-	13	-
-	-	5	-	-	16	-
-	-	5,3	-	-	17	-
-	-	5,8	-	-	16	-
-	-	6	-	-	15	-

Experiment IV. Hund von 72,5 Pfd. Trunc. trach. dexter. Injection von Dr. ij Tinct. op. simp. in die Jug. dext. Das Instrument mit Natronlösung gefüllt eingeführt.

Um 9 Uhr 50 Min. Stand d. Flüssigk. bis 140 Mm. Sinkt sehr rasch und zwar na-
mentlich während der Inspiration, zur Zeit der Expiration dagegen
weniger, oder steht bisweilen selbst
momentan still. Willkürliche Be-
wegungen fanden gar nicht statt.

-	-	51	-	-	30	-
-	-	-	-	-	20	-
-	-	-	-	-	13	-
-	-	-	-	-	12	-
-	-	-	-	-	9	-
-	-	-	-	-	11	-
-	-	-	-	-	11	-
-	-	52	-	-	13	-
-	-	53	-	-	16	-
-	-	-	-	-	23	-
-	-	-	-	-	21	-
-	-	-	-	-	21—22	Bei sehr heftigen Bewegungen.
-	-	53,8	-	-	12	-
-	-	54,2	-	-	4	-

Experiment V. Hund von mittlerer Grösse. Dr. jß Opiumtinctur. Das In-
strument wurde eingeführt gefüllt mit kohlensaurer Natronlösung von 1080 spec. Gew.

Um 10 Uhr 18,2 Min. Stand d. Flüssigk. 145 Mm. Nach Eröffnung des Hahns erfolgt das Sinken in derselben Weise, wie bei Exp. VI.

-	-	19,3	-	54	-
-	-	19,9	-	36	-
-	-	20,8	-	6	-
-	-	21	-	5	-
-	-	22,7	-	7	-
-	-	23	-	9	-
-	-	24	-	11	-
-	-	27,2	-	10	-
-	-	27,8	-	9	-
-	-	29,5	-	7	} Während tiefe Inspirationen gemacht wurden, aber bei sonst ruhigem Verhalten. Zugleich bemerkt man kleine Schwankungen an der Oberfläche der Lösung.
-	-	30,8	-	8	-
-	-	31,8	-	10	-
-	-	32	-	11	-
-	-	32,2	-	12	-
-	-	33	-	13	-
-	-	33,2	-	14	-
-	-	34	-	17	-
-	-	34,2	-	Bei einer Bewegung des Thieres.	
-	-	34,5	-	18	-
-	-	34,6	-	19	-
-	-	34,8	-	20	-
-	-	39	-	21	-
-	-	41	-	20	-
-	-	49	-	20	-
-	-	51	-	19,5	-
-	-	52	-	20	-
-	-	52,8	-	20	-
-	-	54,5	-	Trotz einer Bewegung.	
-	-	54,7	-	20,5	-
-	-	55	-	21	-
-	-		-	20	-

Aus den angeführten Beobachtungsreihen ergiebt sich zunächst, dass selbst da, wo die Thiere mit Ausnahme der Respirationsbewegungen ganz regungslos dalagen, also von aussen her kein nachweisbarer Druck auf das Lymphrohr einwirkte, die Lymphbewegung continuirlich fortduerte, und dass der unter solchen Verhältnissen beobachtete Seitendruck für den Trunc. trachealis dexter der Füllen im Mittel 10—20 Mm. einer Natronlösung von 1080 spec. Ge-

wicht gleichkommt. Bei Hunden haben sowohl Noll's Versuche *), als auch die unsrigen nahe zu gleiche Werthe ergeben. Nach unseren Versuchen schwankt nämlich der Seitendruck zwischen 5—20 Mm., während Noll aus seinen Experimenten einen mittleren Seitendruck von 8—18 Mm. berechnet.

Ferner geht, wie aus Noll's Versuchen so auch aus den unsrigen, mit Evidenz hervor, dass der Mechanismus der Respiration auf die Druckverhältnisse in den Lymphgefassen einen mehr oder weniger bedeutenden Einfluss ausübt. So bemerkt man in Exp. II. 11 Uhr 47,2 Min., Experim. V. 10 Uhr 24 Min. nach tiefer Inspiration ein bedeutendes Sinken der Natrionsäule; dössgleichen in Experim. III. 1 Uhr 1 Min., Experim. V. 10 Uhr 24 Min. und Experim. V. 10 Uhr 41 Min. kleine Schwankungen, die den Respirationsbewegungen entsprechen, und zwar ein schwaches Steigen während der Exspiration, ein Sinken während der Inspiration, und endlich im Anfange der Experimente IV. und V. ein ungleiches Sinken der Natrionsäule während der Inspirationen und Exspirationen, so zwar, dass bei den ersten die Säule rascher fällt, zur Zeit der letzteren entweder langsamer sinkt oder selbst momentan still steht.

Was nun die Erklärung dieser Erscheinungen betrifft, so müssen wir Noll darin beistimmen, dass dieselben nicht als durch Contraction der Halsmuskeln zu Stande gekommen angesehen werden dürfen**), da einerseits das Steigen der Natrionsäule ebenfalls durch Volumverminderung der Thoraxhöhle mittelst Compression der Brust oder des Bauches hervorgerufen oder erhöht werden kann, während andererseits Respirationsbewegungen der Halsmuskeln, wie alle Muskelcontraktionen, durch welche ein Druck auf die Lymphgefässe ausgeübt wird, nicht eine Verminderung, sondern eine Erhöhung des Seitendruckes zur Folge haben würden. Daher kommt es, dass mitunter gerade während tiefer Inspirationen der Seitendruck, anstatt herabgesetzt zu werden, gesteigert wird ***). Hier haben offen-

*) Noll a. a. O. S. 77.

**) Noll a. a. O. S. 20.

***) Vide S. 20 der Inauguraldissertation des Verfassers: „Experimentelle Untersuchungen über den Lymphstrom.“

bar Respirationsbewegungen der Halsmuskeln stattgefunden, so dass, während einerseits die Inspiration eine Adspiration der Lymphe nach der Thoraxhöhle bewirkte und dadurch den Seitendruck verminderte, gleichzeitig durch die Contractionen der Halsmuskeln der Seitendruck in dem Grade erhöht wurde, dass die erstere Einwirkung der Inspiration auf die Druckverhältnisse im Lymphrohr verdeckt wurde. Es ist somit unzweifelhaft, dass die angeführten mit den Respirationsbewegungen parallel gehenden Schwankungen des Druckes, unter dem die Lymphe in den Lymphgefässen steht, nicht von äusserem Drucke, sondern von Modificationen abzuleiten sind, welche der Blutdruck in den die Lymphgefässe aufnehmenden Venen durch den Mechanismus des Atemholens erfährt. Obgleich nun eine genauere, directen Messungen entnommene Kenntniss der Druckverhältnisse in den uns hier interessirenden Venen (Vena subclav., Ven. jug. comm., V. cava anter.) bis jetzt noch fehlt, so lässt sich jetzt doch schon soviel behaupten, dass jedenfalls die Ansicht Noll's irrtümlich ist, nach welcher die Inspiration auf die Lymphsäule keine Adspiration ausüben, sondern die Respiration blos den Einfluss auf den Lymphstrom haben soll, dass sie der In- und Exspiration entsprechende Schwankungen bewirke, deren Zustandekommen sich Noll folgender Weise denkt*). Das Steigen der Säule, sagt er, fand bei der Exspiration statt, und mag sowohl auf Rechnung der stätig wirkenden vis a tergo zu bringen sein, als auch der eigenthümlichen Art, wie durch den in der Ven. subclav. bei der Exspiration erhöhten Seitendruck das Lymphgefäß an seiner Einmündungsstelle zum Verschluss kommt. Das Sinken erfolgte dann bei der Inspiration durch Verminderung des Widerstandes in dem Venenrohr. Noll meint nämlich, dass die adspirirende Wirkung überhaupt nur bei Röhren, die fester sind; als die Lymphgefässe, zu Stande kommen könne, und führt gegen die Annahme eines „negativen Druckes“ an der Einmündungsstelle des Lymphgefäßes in die Venen den Umstand an, dass, falls ein solcher vorkäme, die Natrionsäule unter den Nullpunkt hätte fallen müssen. Nun ist aber nicht abzusehen, warum auf den Inhalt eines mit dünnen Wandungen versehenen Gefässrohres

*) Noll a. a. O. S. 79—80.

die Adspiration nicht ebenso gut sollte einwirken können, als wenn derselbe von festeren Wandungen umschlossen wird. Dass während der Inspiration die Natronssäule nicht unter den Nullpunkt sinkt, hat seinen Grund darin, dass hier die Wirkung der vis a tergo die der Adspiration überwiegt, und was wir zur Zeit der Inspiration messen, ist eben die Differenz zwischen beiden. Würden wir den Druckmesser recht nahe an der Einmündungsstelle des Lymphgefäßes einführen, so würde unzweifelhaft mitunter das Umgekehrte stattfinden, nämlich ein Ueberwiegen der Adspiration über die vis a tergo, mithin ein negativer Druck. Dies hat, wie wir später sehen werden, die Beobachtung für den Duct. thorac. bereits bestätigt. Es ist bekannt, dass die Bedeutung der Respiration für den Blutstrom in grossen Venen, namentlich von Volkmann*), eine ähnliche Interpretation erfahren hat, als die ist, welche Noll dem Respirationsmechanismus für den Lymphstrom vindicirt. Nach der meisterhaften Auseinandersetzung aber, welche Donders**) von den während des Athmens vor sich gehenden Veränderungen in den Spannungsverhältnissen der in den Lungen vorhandenen Luft und dem Einflusse derselben auf den Blutstrom in den Venen gegeben hat, unterliegt es keinem Zweifel, dass beim gewöhnlichen Athmen das Blut sowohl während des Einathmens als auch während des Ausathmens nach der Brusthöhle adspirirt, beim tiefen Inspiriren stark angezogen, und nur beim starken Ausathmen aus der Brusthöhle hinausgepresst wird. Da nun die Lymphgefässe Anhängsel der Venen sind, so hat der Respirationsmechanismus auf den Lymphstrom qualitativ denselben Einfluss, wie auf den Blutstrom (in den Venen). Wenn wir die erwähnte Bedeutung der Respiration auf die Blutbewegung in den Venen nach Analogie auch auf den Lymphstrom übertragen, so kann dies nur für diejenigen Lymphstämme gemeint sein, welche unmittelbar in die Venen einmünden. Obgleich nun der Trunc. trach. dext. zu den letzteren gehört, so kommt es doch auch mitunter vor, dass er in den Duct. thorac. übergeht, wodurch der Einfluss der Athembewegungen auf den Lymphstrom in dem rechten Halslymphstamm in einer

*) a. a. O. S. 317—319.

**) Physiologie des Menschen. Zweite Auflage. Leipzig 1859. §§. 143 u. 54.

Weise verändert wird, die bei der Untersuchung der hydraulischen Verhältnisse im Duct. thorac. erörtert werden soll.

Aus dem Angeführten ergiebt sich demnach, dass der bei Abwesenheit äusseren Druckes gemessene Seitendruck an dem Halslymphstamm in der Mehrzahl der Fälle, und namentlich beim ruhigen Athmen, das Produkt aus der vis a tergo, den Widerständen und der durch den Respirationsmechanismus bewirkten Adspiration ist, und dass der Seitendruck hier geringer sein muss, als es da der Fall ist, wenn der letztere Factor wegfällt. Da endlich bei Einführung eines Hämodynamometers in das centrale Ende der Jugularis von Poiseuille und Magendie *) während verstärkter Respiration der negative Druck beim Einathmen meist grösser gefunden wurde, als der positive beim Ausathmen, so übt selbst in diesem Falle die Respiration einen begünstigenden Einfluss auf die Blutbewegung, somit auch auf den Lymphstrom aus. Mithin darf behauptet werden, dass nicht allein beim ruhigen Athmen, sondern auch bei verstärkter Respiration die Strömung der Lymphe durch die Respirationsbewegungen gefördert wird.

Dass Muskelcontraktionen, durch welche ein Druck auf die Lymphgefässe ausgeübt wird, wegen Anwesenheit der Klappen zu einer auxiliären Kraft für den Lymphstrom werden, ist längst anerkannt. Es werde nur noch hervorgehoben, dass durch diese auxiliäre Kraft nicht bloss die momentane Weiterbewegung der Lymphe befördert, sondern auch, wegen Beseitigung von Widerständen durch Entleerung eines Theils der Lymphgefässe, der Eintritt neuer Lymphmengen in die letzteren erleichtert wird. Es nimmt somit die mittlere Quantität der Lymphbewegung, d. h. das Produkt aus der bewegten Masse und der Geschwindigkeit, in Folge der Muskelactionen verschiedener Körpertheile zu. Uebereinstimmend hiermit ist, dass beim Auffangen der Lymphe aus einem geöffneten Lymphgefässe die mittlere Ausflussmenge mit den Bewegungen des Thieres wächst, während, wenn die Bewegungen nur eine momentane Beschleuni-

*) Donders a. a. O. S. 152.

gung zur Folge hätten, mit ihrem Nachlasse eine Retardation eintreten müsste, welche der vorangehenden Acceleration das Gleichgewicht halten würde. Dass der Seitendruck, wenn eine Erhöhung desselben durch eine Bewegung des Thieres eingetreten ist, sehr langsam abnimmt (Exp. III. 12 Uhr 32,8 Min), sowie, dass da, wo heftige Bewegungen erfolgten, die Natronsäule längere Zeit eine Höhe zeigt, die den von der vis a tergo abzuleitenden Seitendruck weit überragt, sind Erscheinungen, die nach dem Angeführten damit in Zusammenhang gebracht werden müssen, dass die mittlere Quantität der Bewegung durch die Wirkung der auxiliären Kraft vergrössert wurde, obgleich nicht geläugnet werden kann, dass die Erhöhung des Seitendruckes wenigstens theilweise durch die gleichzeitig hervorgerufenen Veränderungen in den Druckverhältnissen der die Lymphgefässe aufnehmenden Venen bedingt sein mag.

2. Strömungsgeschwindigkeit in den Lymphgefäßstämmen des Halses.

Zur Bestimmung der Strömungsgeschwindigkeit stehen zwei Wege offen. Man bedient sich dazu entweder eines Apparates, mittelst dessen direkt die Strömungsgeschwindigkeit gemessen wird, z. B. des Volkmann'schen Hämodromometers, oder man bestimmt die in einer gegebenen Zeit aus einem durchschnittenen Lymphgefäß durch eine eingeführte Ausflussröhre von bestimmtem Durchmesser ausfliessende Lymphmenge, und berechnet daraus die Geschwindigkeit.

In Betracht der Anwendung des Hämodromometers ist zu bemerken, dass mittelst desselben wegen Setzung neuer Hindernisse stets eine Strömungsgeschwindigkeit für das Lymphgefäß gefunden wird, welche kleiner, als die normale ist. Bei Bestimmung der Strömungsgeschwindigkeit durch Auffangen der ausfliessenden Lymphmenge wird dagegen die Berechnung eine zu grosse Geschwindigkeit ergeben, weil auch nach Einbinden einer dem Lumen des Lymphgefäßes möglichst entsprechenden Röhre die Hindernisse geringer geworden sein müssen. An derselben Stelle nämlich, wo wir vor der Durchschneidung des Lymphgefäßes einen Seitendruck von 10 — 20 Mm. der Natronlösung und unter Umständen noch

mehr fanden, wird, wenn die Lymphe mittelst einer Kanüle aufgefangen wird, der Seitendruck höchst unbedeutend sein, da er am freien Ende der Kanüle = 0 ist. Es scheint somit gerathen, sich beider Methoden zu bedienen, um eine Ausgleichung der von jeder derselben unzertrennlichen Fehler herbeizuführen. Das Letztere wird um so sicherer geschehen, je geringer die Differenz der auf den beiden genannten Wegen gefundenen Werthe ist. Der Wunsch, den normalen Verhältnissen möglichst nahe zu kommen, war es, der uns veranlasste, beide Methoden anzuwenden. Indessen war bald eine Nöthigung vorhanden, die Application des Hämodynamometers aufzugeben und lediglich die aus einer eingeführten Röhre ausfliessenden Lymphmengen aufzufangen. Die Benutzung des Hämodynamometers im Gebiete des Lymphsystems gewährt zwar den Vortheil, dass die Lymphstämme, namentlich wenn man näher zu den Ursprüngen derselben experimentirt, mit ihren Wurzeln ziemlich geschlossene Gebiete bilden, wodurch ein grosser Theil der Lymphe, für deren Weiterbewegung die Hindernisse durch Einführung des Hämodynamometers wachsen, auf collateralen Bahnen zu entweichen verhindert ist. Man würde daher von diesem Gesichtspunkte aus bei der Bestimmung der in einer gewissen Zeit fortbewegten Flüssigkeitsmenge für ein Lymphgefäß, worauf eigentlich alle Messungen der Strömungsgeschwindigkeit abzielen, hier ein genaueres Resultat erhalten müssen, als bei den Blutgefäßen. Nichts desto weniger ist diese Methode für die Lymphgefässe nicht brauchbar, weil die Lymphe wegen der im Verhältniss zur vis a tergo bedeutenden, durch die Untersuchungsmethode gesetzten Hindernisse oft kürzere oder längere Zeit in der Hämodynamometerröhre stille steht, um erst bei Bewegungen des Thieres im raschen Laufe dieselbe zu durchmessen. Die ungleichmässige Strömung der Lymphe in der Hämodynamometerröhre ist es also hauptsächlich, welche diese Methode zu einer sehr ungenauen macht. Dazu kommt noch, dass die eintretende Lymphe sich häufig mit der in der Glasröhre enthaltenen Flüssigkeit in einer Weise mischt, die eine genaue Bestimmung der Stelle, bis zu welcher die Lymphe innerhalb einer bestimmten Zeit vorgedrungen ist, unmöglich macht. Was die von uns auf dem anderen Wege gefundenen Resultate anlangt, so muss

bemerkt werden, dass der Werth derselben nicht wenig dadurch herabgesetzt wird, dass die Experimente mit mehr oder weniger unruhigen Thieren stattfanden. Hierdurch waren wir verhindert, auf jeden der Faktoren, die auf die Ausflussmengen einen Einfluss haben, nach Belieben einzuwirken, um die Bedeutung desselben experimentell nachzuweisen. Dennoch sollen die unter verschiedenen Verhältnissen gewonnenen Ausflussmengen angegeben werden, weil dieselben trotz des erwähnten Uebelstandes sowohl zu einer approximativen Bestimmung der von einem bestimmten Körpertheile innerhalb einer gewissen Zeit dem Blute zugeführten Lymphmenge dienen können, als auch für eine Theorie der Lymphbewegung nicht ohne Werth zu sein scheinen.

a. Versuche mit dem Hämodynamometer.

Zu den nachstehenden Versuchen wurde ein Hämodynamometer von 580 Mm. Länge und 2,68 □Mm. im Lichten angewendet. Um den Querschnitt möglichst genau zu bestimmen, wurde zunächst eine bestimmte Strecke der Hämodynamometerröhre mit Quecksilber gefüllt, alsdann das Gewicht und Volumen der Quecksilbersäule bestimmt, und endlich der Querschnitt der Glasröhre durch Division der Länge der Quecksilbersäule in das Volumen derselben gefunden. Zur Markirung der eintretenden hellen und klaren Lymphe wurde das Hämodynamometer vor dem Versuche bald mit Milch, bald mit einer ammoniakalischen Carmiinlösung, in beiden Fällen mit einem Zusatz von kohlensaurem Natron, gefüllt.

I. Experiment. Bei einem durch Opium narcotisirten Füllen von circa 220 Pfd. wurde ein mit Milch gefülltes Hämodynamometer ungefähr in der Mitte des in diesem Falle einfachen Truncus trachealis dexter applicirt. Nach Eröffnung des Hahnes legte die Lymphe, die sich hier ziemlich scharf von der Milch abgrenzte, innerhalb 5 Secunden einen Weg von 20 Mm. in dem Hämodynamometer zurück. Die Zeit wurde bestimmt durch Zählen der hörbaren Schläge eines Chronometers, welches halbe Secunden angab, so dass, da der Hahn des Hämodynameters beim ersten Schlage geöffnet worden war, mit dem 11ten Schlage die Zeit von 5 Secunden abgelaufen war.

Demnach ergiebt dieser Versuch für das Hämodynamometer von 2,68 □Mm. Lichtung eine Geschwindigkeit von 240 Mm. pro Minute.

Die aus der gemessenen Geschwindigkeit berechnete Ausflussmenge beträgt also in diesem Fall 0,65 Grm. pro Minute.

II. Experiment. Bei einem ebenfalls durch Injection von Tinctura opii in die rechte Jugularvene betäubten Füllen von 240 Pfd. wurde diesmal ein mit Carminlösung gefülltes Hämodromometer an den auch hier einfachen Truncus trachealis dexter angesetzt. Als der Hahn so gedreht wurde, dass die Lymphe den Umweg durch die Hämodromometerröhre machen musste, verging einige Zeit, ehe die Lymphe in der Glasküvette sichtbar wurde; darauf bewegte sich dieselbe, während das Thier nicht völlig ruhig dalag, in 30 Secunden ruckweise um 115 Mm. vorwärts, stand dann einen Augenblick still, und schoss während einer stärkeren Bewegung des Thieres gerade zu der Zeit, als der Apparat entfernt werden sollte, fast momentan über eine circa 100 Mm. lange Strecke hin. Die gemessene Geschwindigkeit ist somit in diesem Falle — 230 Mm. pro Minute; die hieraus berechnete Ausflussmenge beträgt 0,624 Grm. pro Minute.

b. Bestimmung der Ausflussmenge.

Es wurde auch hier die zur Messung des Seitendrucks benutzte dreischenklige Kanüle, deren Lumen einen Durchmesser von 1,5 Mm. hatte, in das peripherische Ende des Truncus trachealis dexter eingeführt, nachdem die Mündung des gegenüberliegenden Armes verschlossen worden war. Darauf wurde die Kanüle mittelst Ligaturen an den benachbarten Partien passend fixirt, und an den für das Manometer bestimmten Schenkel ein weiter Tubulus von etwa 3 Mm. Durchmesser angesetzt. In den meisten Fällen wurden etwaige Coagula durch die nachrückende Lymphe fortgespült, und es veranlassten dieselben daher beim Auffangen der Lymphe keine Störung. Dagegen musste der Tubulus da, wo die Lymphproduktion eine geringere war, also namentlich bei Anwesenheit mehrerer Lymphstämme, von Zeit zu Zeit gereinigt werden, woraus für diese Fälle eine grössere Breite der Fehlerquellen erwuchs.

III. Experiment. Bei demselben Füllen von 240 Pfd., das zum zuletzt erwähnten Hämodromometerversuch (Exp. II.) benutzt wurde, erhielten wir:

$$\text{a) in 32 Minuten} = 19,12 \text{ Grm., pro Minute} = 0,59 \text{ Grm.}$$

$$\text{b) - 31 -} = 27,952 \text{ - - -} = 0,901 \text{ - }$$

$$\text{c) - 37 -} = 22,792 \text{ - - -} = 0,58 \text{ - }$$

$$\text{in 100 Minuten} = 69,864 \text{ Grm., pro Minute} = 0,698 \text{ Grm.}$$

Das Füllen war, wie bereits erwähnt, durch Opium narcotisirt worden, und verhielt sich im Ganzen ziemlich ruhig. Aus der Ausflussmenge lässt sich die Geschwindigkeit berechnen, wobei natürlich wiederum eine Röhre von 2,68 □Mm. Querschnitt zu Grunde gelegt werden muss, wenn wir Vergleiche zwischen den

auf verschiedenen Wegen gewonnenen Resultaten anstellen sollen. Aus dem, was im Eingange über die zu benutzenden Methoden gesagt worden ist, geht hervor, dass die Berechnung der Ausflussmenge aus der Strömungsgeschwindigkeit kleinere Werthe, das umgekehrte Verfahren dagegen grössere ergiebt, als die sind, welche man durch die bezüglichen directen Versuche erhalten würde. Die angestellten Berechnungen können daher die betreffenden Versuche nicht vollständig ersetzen, und haben somit nur den Werth approximative Bestimmungen.

Die in dem Versuche III. gefundene mittlere Ausflussmenge beträgt 0,698 Grm. pro Minute.

Wird das specifische Gewicht der Lymphe wieder = 1015 gesetzt, so ergiebt sich das Volumen, welches 0,698 Grm. Lymphe bei 18° C. besitzen, auf folgende Weise: 1015 Grm. Lymphe haben bei 18° C. dasselbe Volumen, wie 1000 Grm. Wasser; folglich sind 0,698 Grm. Lymphe bei derselben Temperatur dem Volumen nach $= \frac{0,698 \times 1000}{1015} = 0,682$ Grm. Wasser. Bei 18° C. ist aber 0,9976 Grm. Wasser = 1 Cub.-Mm.; somit 0,682 Grm. = 682 Milligrm. bei derselben Temperatur $= \frac{682}{0,9976}$ Cub.-Mm. = 683 Cub.-Mm.

Wird nun in diese 683 Cub.-Mm. der Querschnitt der Hämodynamometerröhre (= 2,68 □Mm.) dividirt, so erhält man als Geschwindigkeit 254 Mm. pro Minute, entsprechend der Ausflussmenge von 0,698 Grm. pro Minute.

IV. Experiment. Füllen von 150 Pfd.

Injection von 6 Drachmen Tinctur. opii in die rechte Jugularvene. Das stark abgemagerte Thier war während des Auffangens der Lymphe sehr unruhig und starb einige Stunden nach dem Versuche in Folge des Meconismus.

Der Truncus trachealis dexter war ein einfacher Stamm. Es wurden erhalten:
in 30 Minuten = 27,42 Grm.; pro Minute 0,914 Grm.

Die dieser Ausflussmenge entsprechende, berechnete Strömungsgeschwindigkeit beträgt 332,6 Mm. pro Minute.

V. Experiment. Füllen von 210 Pfd., nicht narcotisirt. Die Jugularvene blieb somit frei. An der rechten Seite der Trachea zwei einander kreuzende, nahezu gleich starke Lymphstämme, von denen der eine zum Auffangen der Lymphe benutzt, der andere unversehrt gelassen wurde.

In 30 Minuten wurden erhalten: 14,859 Grm. = 0,4753 in der Minute. Die entsprechende Strömungsgeschwindigkeit beträgt 180,1 Mm. pro Minute.

VI. Experiment. Füllen von 280 Pfld. Chloroformnarcose; freie Vene. Der Truncus trachealis dexter ein einfacher Stamm.

Es wurden erhalten:

- a) in 20 Min. = 19,71 Grm.; pro Min. = 0,98 Grm.
- b) - 21 - = 20,165 - - = 0,96 -
- c) - 56 - = 42,998 - - = 0,76 -
- d) - 35 - = 25,047 - - = 0,71 -

in 132 Min. = 107,92 Grm.; pro Min. = 0,817 Grm.

Dieser Ausflussmenge entspricht eine Geschwindigkeit von 297,1 Mm. pro Minute.

VII. Experiment. Füllen von 220 Pfld. Chloroformnarcose. Der Truncus trach. dexter wurde hier durch einen grossen, dicht an der Carotis dextra befindlichen, und 2 kleinere, näher zur Mittellinie des Halses an der Trachea gelegene Lymphstämme repräsentirt. Zum Auffangen der Lymphe wurde der erstgenannte grösste Lymphstamm benutzt. Es wurden erhalten, bei freien Venen und collateralen Lymphgefassen:

- a) in 15 Min. = 7,784 Grm.
- b) - 15 - = 6,908 -

Nach Unterbindung der beiden kleineren Lymphstämmchen

c) in 15 Min. = 7,239 Grm.

in 45 Min. = 21,931 Grm.; = 0,48 Grm. pr. Min.
= 174,6 Mm. Geschwindigkeit pro Minute.

Nach Unterbindung der rechten und linken Jugularvene.

- d) in 15 Min. = 15,81 Grm.
- e) - 15 - = 13,901 -
- f) - 15 - = 14,620 -
- g) - 15 - = 14,918 -
- h) - 15 - = 15,224 -
- i) - 15 - = 17,066 -
- k) - 15 - = 17,189 -

in 105 Min. = 108,728 Grm.

pro Minute = 1,03 Grm.

= 374,8 Mm. Geschwindigkeit pro Minute.

Es leuchtet ein, dass mit Hülfe des Hämodromometers zunächst nur die Geschwindigkeit gefunden wird, mit welcher die Lymphe die Hämodromometerröhre durchströmt. Je nachdem nun der Querschnitt der letzteren mehr oder weniger von dem Lumen des Lymphstamms differirt, wird auch die gemessene Geschwindigkeit mehr oder weniger von derjenigen abweichen, mit welcher die Lymphe einerseits während des Versuches, und andererseits

unter normalen Verhältnissen in dem Lymphstamme sich bewegte. Eine approximative Bestimmung der letzteren wird aber deshalb stets willkürlich bleiben, weil die Weite des Lymphgefäßes einem grossen Wechsel unterworfen ist.

Will man sich indessen eine annähernde Vorstellung von der Strömungsgeschwindigkeit der Lymphe innerhalb der untersuchten Lymphstämme machen, so kann man, ohne einen grossen Fehler zu begehen, dieselbe der von uns für das benutzte Hämodynamometer theils gemessenen, theils berechneten Geschwindigkeit gleich setzen, da die Weite der angewandten Hämodynamometerröhre ($= 2,68 \text{ Mm.}$) dem Querschnitt des Halslymphstammes im mittleren Füllungszustande ziemlich nahe kommen dürfte. Einer derartigen approximativen Bestimmung der Stromgeschwindigkeit der Lymphe innerhalb des einfachen Truncus trach. dextr. würden (wegen ziemlich übereinstimmender Verhältnisse der Thiere) naamentlich folgende von den angeführten Experimenten zu Grunde gelegt werden können.

Exp. I. gemessene Geschwindigkeit	$= 240 \text{ Mm. pro Min.}$
Exp. II.	$= 230$
Exp. III. berechnete	$= 254$
Exp. IV.	$= 297$
Demnach pr. 4 Min.	$= 1021 \text{ Mm.}$

Oder pr. Secunde = circa 4 Mm.

Setzt man die Geschwindigkeit des Blutes in den Capillaren bei warmblütigen Thieren mit Volkmann $= 0,8 \text{ Mm. pr. Secunde}$ *), so würde die Geschwindigkeit der Lymphe in dem Halslymphstamme 5 mal grösser sein, als die des Blutes in den Capillaren.

Aus der Geschwindigkeit v ($= 4 \text{ Mm. pr. Sec.}$) lässt sich die Geschwindigkeitshöhe F berechnen, nach der Formel:

$$F = \frac{v^2}{4g}$$

in welcher g den Fallraum eines Körpers in einer Sec. bedeutet.

Die mitgetheilten experimentellen Ergebnisse liefern aber auch einen Beitrag zur Beantwortung der für die Statik des Stoffwechsels

*) Volkmann a. a. O. S. 185.

wichtigen Frage, wie viel Lymphe aus einem bestimmten Körpertheil in 24 Stunden dem Blute zugeführt werde.

Im Exp. I. (Füllen von 220 Pfd. Opiumnarcose, einfacher Trunc. trach.) wurde die Ausflussmenge für den Halslymphstamm auf 0,65 Grm. pr. Min. berechnet, was für 24 Stunden 936 Grm. für eine Hälfte des Kopfes und Halses giebt. Das Gewicht des Kopfes und Halses verhält sich, wie aus später anzuführenden Wägungen hervorgeht, zu dem Gesamtgewichte der von uns benutzten Füllen ziemlich constant wie 1 : 7; demnach ist das Gewicht des Kopfes und Halses bei einem Füllen von 220 Pfd. auf etwa 30 Pfd. = 12270 Grm. zu veranschlagen. Hieraus folgt, dass 12270 Grm. des Kopfes und Halses in 24 Stunden $2 \times 936 = 1872$ Grm. oder 1 Kilogramm der genannten Körpertheile 152 Grm. Lymphe liefern.

Exp. III. (Füllen von 240 Pfd. Opiumnarcose, einfacher Trunc. trach. Berechnetes Gewicht des Kopfes und Halses = 33 Pfd. = 13497 Grm.) ergiebt eine mittlere Ausflussmenge von 0,698 Grm. pr. Min., oder 1005 Grm. in 24 Std. für die Hälfte des Kopfes und Halses. 16,5 Pfd. = 6748,5 Grm. liefern also 1005 Grm.; mithin kommen auf 1 Kilogramm des Kopfes und Halses in 24 Std. 148 Grm. Lymphe.

Exp. IV. (Füllen von 150 Pfd. Berechnetes Gewicht des Kopfes und Halses = 20 Pfd. = 8180 Grm. Opiumnarcose; einfacher Trunc. trach. dextr.). Die mittlere Ausflussmenge beträgt hier 0,914 Grm. pro Min.; in 24 Std. liefern demnach 10 Pfd. = 4090 Grm. des Kopfes und Halses 1316 Grm. oder 1 Kilogramm 321 Grm. Lymphe.

Exp. V. (Füllen von 210 Pfd. nicht narcotisirt, Jugularvene frei, Trunc. trach. dextr. doppelt. Berechnetes Gewicht des Kopfes und Halses = 29 Pfd. = 11861 Grm.). Die mittlere Ausflussmenge betrug hier nur 0,4953. Nimmt man an, dass der zweite Lymphstamm eine ähnliche Quantität liefert hätte, so erhält man als mittlere Ausflussmenge für die rechte Hälfte des Kopfes und Halses circa 0,9 Grm. pr. Min. Alsdann liefern 14,5 Pfd. = 5930,5 Grm. des Thieres in 24 Std. 1296 Grm. oder 1 Kilogramm 218 Grm. Lymphe.

Exp. VI. (Füllen von 220 Pfd. Chloroformnarcose, einfacher Trunc. trach. dextr. Freie Vene. Berechnetes Gewicht des Kopfes und Halses 30 Pfd. = 12770 Grm.). Die mittlere Ausflussmenge beträgt 0,817 Grm. pr. Min.; demnach geben 15 Pfd. = 6385 Grm. in 24 Std. 1176 Grm. oder 1 Kilogramm 184 Grm. Lymphe.

Die für die mitgetheilten Fälle angestellten Berechnungen scheinen insofern, als ziemlich bedeutende Differenzen sich herausstellen, wenig geeignet, um aus ihnen das physiologische Mittel zu ziehen. Wenn man aber bedenkt, dass auch unter normalen Lebensverhältnissen die Lymphproduction ohne Zweifel einem bedeutenden Wechsel unterliegt, wenn ferner die Dürftigkeit unserer thatsächlichen Kenntniss dieses Gegenstandes berücksichtigt wird, so erscheint es gerechtfertigt, dieselben wenigstens zur provisorischen Berechnung eines Mittelwerthes zu benutzen. Bevor dieses geschieht, mögen noch einige Momente kurz berührt werden, theils zur Aufklärung der Differenzen, theils um es wahrscheinlich zu machen, dass bei der Summation obiger Werthe wenigstens eine theilweise Ausgleichung der Fehlerquellen stattfinden dürfte. Unterschätzt wurde die normale mittlere Ausflussmenge unzweifelhaft im Exp. I., wahrscheinlich auch im Exp. III., und zwar weil dieselbe im ersten Falle aus der Strömungsgeschwindigkeit berechnet wurde, im letzteren Falle aber zu wenig von der berechneten differt. Im Exp. IV. dagegen überstieg die Ausflussmenge ohne Frage das normale Maass wegen der häufigen und kräftigen Bewegungen des Thieres. Beim Exp. V. ist die Ausflussmenge ziemlich willkürlich bestimmt und vielleicht etwas überschätzt worden. Die Ausflussmenge im Exp. VI. dürfte noch am Meisten dem physiologischen Mittel nahe kommen.

Im Exp. I. komm. auf je 1 Kilogr. d. Kopfes u. Halses in 24 Std. 152 Grm. Lymphe.

Im Exp. III.	-	-	-	148	-	-
Im Exp. IV.	-	-	-	321	-	-
Im Exp. V.	-	-	-	218	-	-
Im Exp. VI.	-	-	-	184	-	-

Auf 5 Kilogr. kommen demnach 1023 Grm. oder
auf 1 Kilogr. 204 Grm.

Im Mittel würde also nach dieser Berechnung 1 Kilogramm des Kopfes und Halses beim Füllen in 24 Stunden circa 200 Grm. oder $\frac{1}{3}$ seines Gewichtes Lymphe liefern. Bei Hunden erhielten dagegen Ludwig und Krause*) eine weit grössere Lymphmenge, nämlich bei einem Hunde auf je ein Kilogramm des Kopfes 246 Grm., bei einem zweiten 392 und bei einem dritten 406 Grm., demnach im Mittel auf je ein Kilogramm 348 Grm. oder circa $\frac{1}{3}$ des Körpergewichts. Dass es unstaathaft ist, für alle Theile des Körpers ein gleiches Verhältniss zu statuiren, und aus der für einen bestimmten Körpertheil gefundenen Lymphmenge die des ganzen Körpers zu berechnen, leuchtet nicht nur a priori ein, sondern es wird dies auch durch die später anzuführenden vom Ductus thor. erhaltenen Ausflussmengen bewiesen. Unter Umständen liefert nämlich der Ductus thor. an Chylus und Lymphe nur soviel, als wir an Lymphe allein erhalten müssten, wenn das Verhältniss zwischen der producirten Lymphmenge und dem Körpergewicht der Theile beim Rumpfe und den hinteren Extremitäten dasselbe wäre, wie beim Kopfe und Halse.

Das Exp. VII. lehrt, dass eine Erhöhung des Blutdruckes in den Capillaren, die hier nach Unterbindung der beiden Jugularvenen wegen erschwerten Blatabflusses eingetreten war, eine vermehrte Lymphproduktion zur Folge hat.

3. Der Seitendruck im Ductus thoracicus.

Auch zur Bestimmung der Druckverhältnisse im Ductus thoracicus wurden Füllen benutzt, an denen der letztere nach einem Verfahren blosgelegt wurde, das im Wesentlichen mit dem von Colin beschriebenen übereinstimmt **). Der zwischen dem oberen Rande der ersten Rippe und der Einmündungsstelle in den Venenwinkel gelegene Theil des Ductus thor. war circa 30 Mm. lang, 3 Mm. breit und zeigte deutlich eine stärkere Erfüllung während

*) Zeitschrift für rationelle Medizin. Neue Folge. Bd. VII. S. 148. Zur Physiologie der Lymphe. Von Dr. W. Krause.

**) Colin, Traité de Physiologie comparée des animaux domestiques. Paris 1856, Tome II. p. 100.

der Exspiration, ein Collabiren dagegen bei der Inspiration des Thieres.

Nachdem eine dreischenklige Canüle von 2,4 Mm. Durchmesser, mit einer der Biegung des Ductus thor. entsprechenden Krümmung, eingebunden war, wurde dieselbe mit dem Ludwig'schen Kymographion in Verbindung gesetzt. Als Verbindungsstück zwischen der Canüle und dem Manometer diente eine mit einem Hahn versehene Zinnröhre. Das Manometer war ein für allemal bis zur erforderlichen Höhe mit Quecksilber gefüllt; in die Zinnröhre dagegen wurde vor jedem neuen Versuch eine Natronlösung von 1040 spec. Gew. mittelst einer Spritze in einer solchen Quantität injicirt, dass das Quecksilber in dem längeren Schenkel des Manometers höher zu stehen kam, als in dem kürzeren, wobei selbstverständlich darauf geachtet wurde, dass keine Luft in der Zinnröhre zurückblieb. Die überschüssige Natronsäule hatte den Zweck, etwaige den Versuch störende Momente, z. B. Lymphcoagula, aus der dreischenkligen Canüle zu entfernen. Bei diesem Verfahren konnte die Abscissenlinie natürlich erst nach gezeichneter Curve gezogen werden, was stets unter den von Volkmann angegebenen *) Cautelen geschah. Die auf diese Weise gewonnenen Curven sind ganz so, wie das Kymographion sie zeichnete, auf der beigefügten Tafel wiedergegeben worden. Der Umfang des Cylinders betrug 440 Mm.; die Umdrehungsdauer 1 Minute.

Zur genauen Bestimmung des mittleren Druckes aus den durch das Kymographion gezeichneten Curven bedienten wir uns der bekannten, der Meteorologie entlehnten, bereits von Volkmann approbierten Methode **).

Die zu den Experimenten dienenden Füllen wurden gleich den früheren auf dem Operationstische mittelst Riemen befestigt und durch Chloroform narcotisirt.

Experiment I.

1. Curve. Die Athembewegungen sehr frequent (38 in der Minute) und unregelmässig, daher diese Curve wenig instruktiv. Man findet hier zwar mitunter ziemlich erhebliche Schwankungen in den Druckverhältnissen, jedoch stets positive

*) a. a. O. S. 154—156.

**) a. a. O. S. 170—171.

Werthe. Die nach der erwähnten Methode gefundene mittlere Erhebung der Quecksilbersäule über den ursprünglichen Nullpunkt oder die Abscissenlinie beträgt 8,18 Mm. Hieraus lässt sich der mittlere Seitendruck nach der schon früher benutzten Formel

$$D = 2x - \frac{x}{y}$$

finden. In diesem Falle ist aber:

$$\frac{1}{y} = \frac{\text{spec. Gew. der Natronlösung}}{\text{spec. Gew. des Quecksilbers}} = \frac{1,04}{13,6} = \frac{1}{13,07}$$

Mithin ist:

$$D = 2 \times 8,18 - \frac{8,18}{13,07} = 15,74 \text{ Mm. Hg.}$$

2. Curve. Athemfrequenz 29. Hier zeigt sich die Anzahl der Wellen genau mit den in derselben Zeit stattgefundenen Athemzügen übereinstimmend, so dass mithin der Einfluss der Adspiration des Herzens sich nicht in der gezeichneten Curve bemerkbar macht. Während der Exspiration stieg das Quecksilber, während der Inspiration sank es häufig sogar unter den Nullpunkt, im Maximum um 3 Mm. Der negative Druck, den die vom Thorax ausgehende Adspiration bewirkt, beträgt demnach — 5,78 Mm. Quecksilber, da $-D = -\left(2x - \frac{x}{y}\right)$ ist. Die mittlere Erhebung über die Abscissenlinie beträgt 6,54 Mm. Der mittlere Seitendruck ist somit + 12,58 Mm. Quecksilber.

3. Curve. Athemfrequenz 38. Unregelmässiges Athmen, namentlich absatzweises Inspiriren, weshalb der absteigende Schenkel einiger Wellen aus kleineren Curven zusammengesetzt erscheint. Die mittlere berechnete Elevation des Quecksilbers über den ursprünglichen Nullpunkt = + 6,08 Mm.; der mittlere Seiten-druck somit = + 11,7 Mm. Quecksilber.

4. Curve. Athemfrequenz 36. Respirationsverhältnisse ähnlich wie bei der vorhergehenden Curve, daher auch die Gestaltung der letzteren eine auffallende Uebereinstimmung mit der vorigen zeigt. Das Quecksilber sank hier im Maximum um 6 Mm. unter den ursprünglichen Nullpunkt, was für den Ductus thoracicus einen negativen Druck von 11,55 Mm. Quecksilber giebt. Die mittlere Erhebung über die Abscissenlinie beträgt hier 5,18 Mm.; der mittlere Seitendruck demnach 9,97 Mm. Quecksilber.

Experiment II. Füllen von 220 Pfd. Der ausserhalb des Thorax gelegene Theil des Ductus thoracicus ist hier durch einen grösseren und einen kleineren Lymphstamm vertreten, die sich kurz vor ihrer Einmündung in die Vene vereinigen. Die dreischenklige Kanüle wurde in den grösseren eingeführt, der kleinere aber unangetastet gelassen.

5. Curve. Athemfrequenz 37. Oberflächliches, aber ziemlich regelmässiges Athmen. Die mittlere Erhebung über die Abscissenlinie beträgt 4,65 Mm., der mittlere Seitendruck somit = 8,95 Mm. Quecksilber.

Die mitgetheilten Curven beweisen, wie es auch schon a priori zu erwarten war, dass der Druck im Halstheile des Ductus thoracicus während der Exspiration steigt, während der Inspiration fällt, und häufig sogar negativ wird. Es lässt sich aber leicht darthun, dass sowohl die Exspiration, als auch die Inspiration befördernd auf den Stromlauf im Ductus thoracicus wirken muss. In Folge der während der Exspiration zunehmenden Spannung der Luft in den Lungen wird der Inhalt des Ductus thoracicus aus der Brusthöhle hinaus und zwar in den Halstheil desselben hineingetrieben, da die Klappen eine rückgängige Bewegung in die Bauchhöhle verhindern. Es muss jedoch bemerkt werden, dass die durch den Respirationsmechanismus entwickelte, während der Exspiration wirksame auxiliäre Treibkraft nicht immer derselben Art ist. Setzt man zunächst den Fall, dass die Athmung ruhig und normal ist, so wird während der Exspiration auf die Aussenfläche des im Thorax gelegenen Ductus thoracicus ein Druck einwirken, der zwar grösser, als der während der Inspiration, jedoch geringer ist als der Atmosphärendruck. Denn obgleich die Spannung der Luft in den Lungen zur Zeit der Exspiration die der umgebenden Atmosphäre ein wenig übertrifft, so wird doch wegen des Widerstandes der elastischen Lungen auf die in der Brusthöhle ausserhalb der letzteren gelegenen Gefässe kein voller Atmosphärendruck einwirken. Da nun aber der Halstheil des Ductus thoracicus dem Drucke einer Atmosphäre ausgesetzt ist, so kann der während der Exspiration gesteigerte Druck nicht direct als bewegende Kraft wirken, sondern die Exspiration befördert nur insofern den Lymphstrom, als jetzt die adspirirende Wirkung des Thorax geringer wird, als zur Zeit der Inspiration, somit die vorher stärker gespannten elastischen Wandungen des Ductus thoracicus beim Uebergange in einen minder gespannten Zustand einen Theil der sie spannenden Kraft als Treibkraft auf die Lymphe werden übertragen müssen. In diesem Falle ist es also eigentlich der Inspirationsact, durch den die Kraft entwickelt wurde, welche, in den elastischen Wandungen reservirt, zur Zeit der Exspiration als Treibkraft zur Wirkung kommt. Zu der eben geschilderten Wirkung der Exspiration kommt aber unter Umständen

noch eine andere hinzu, durch welche die auxiliäre Treibkraft bedeutend gesteigert wird. Wenn nämlich zur Zeit der Exspiration der auf den Ductus thoracicus einwirkende Druck den Atmosphärendruck übersteigt, was bei frequenter Athmen und bei behindertem Austritt der Luft aus den Respirationswegen leicht geschieht, so wird jetzt nicht allein durch die Wirkung der elastischen Wandungen, sondern auch dadurch, dass auf dem Brusttheil des Ductus thoracicus ein grösserer Druck lastet, als auf dem Halstheile derselben, der Inhalt des Ductus thoracicus in den letzteren hineingetrieben werden müssen. Die Inspiration dagegen hat, abgesehen davon, dass sie eine Kraft entwickelt, welche erst während der Exspiration zur Wirkung kommt, den Einfluss auf den Ductus thoracicus, dass durch dieselbe einerseits der Brusttheil stärker erfüllt, andererseits der Halstheil schneller entleert wird. Die stärkere Erfüllung des Brusttheils ist aber, obgleich zum grossen Theil ein Resultat der Adspiration, doch auch theilweise auf Rechnung des durch den Inspirationsact erhöhten Druckes in der Bauchhöhle zu setzen, durch den für die vis a tergo der Lymphgefäße eine auxiliäre Kraft entwickelt wird. Dass die während der Inspiration erfolgende Abnahme des Druckes im Halstheil wirklich zum Theil von der thoracischen Adspiration herrührt, geht daraus hervor, dass wir mitunter einen negativen Druck erhielten, der im Maximum sogar 11,5 Mm. Quecksilber (Experiment 1. 4. Curve) betrug. Demnach darf behauptet werden, dass die Steigerung des Druckes während der Exspiration als eine combinirte Wirkung der gesteigerten Treibkräfte und der Druckerhöhung in der Vena jugularis anzusehen ist, während die Abnahme des Druckes zur Zeit der Inspiration aus dem Sinken der Treibkraft und der Adspiration des Thorax resultirt.

In den angeführten Versuchen schwankte der mittlere Seitendruck im Halstheile des Ductus thoracicus zwischen 9—15 Mm. Quecksilber. Es wichen aber auch während derselben die Spannungsverhältnisse der Luft in den Lungen unzweifelhaft bedeutend von der Norm ab, wie dies schon die grössere Athemfrequenz (29—38) darthat, und wie es die Folge sein musste theils des

schweren operativen Eingriffs, theils der Behinderung des freien Ein- und Ausströmens der Luft in Folge des in ein Nasenloch eingeführten Baumwollenpropfen. Es darf daher vermutet werden, dass unter normalen Verhältnissen der mittlere Druck weniger betragen würde, als der von uns gefundene.

Nach dem Mitgetheilten bedarf es kaum noch einer Erörterung des Einflusses, den die wechselnden Druckverhältnisse im Ductus thoracicus auf die in denselben einmündenden Lymphstämme haben müssen, sei es, dass dieselben in den Halstheil, was wir übrigens nie bemerkt haben, oder in den Brusttheil des Ductus thoracicus übergehen.

4. Bestimmung der Mengen des aus dem Ductus thoracicus ausfliessenden Inhalts.

Nach einer von Colin *) gemachten Angabe scheint der französische Veterinairarzt Flandrin der Erste gewesen zu sein, der es versuchte, bei lebenden Thieren den Inhalt des Ductus thoracicus aufzufangen. Flandrin, der bei seinen Versuchen Pferde benutzte, erhielt während einer Zeit, die er nicht angiebt, 3 Unzen Flüssigkeit, musste aber wegen eingetretener Verstopfung der Canüle die Fortsetzung des Versuchs aufgeben. Magendie **) sah bei einem lebenden Hunde von mittlerer Grösse, dem er den Halstheil des Ductus thoracicus während der Verdauung geöffnet hatte, anfänglich in 5 Minuten „wenigstens eine halbe Unze Flüssigkeit ausfliessen und den Ausfluss zwar fortduern, aber geringer werden.“ Hiernach würde die Ausflussmenge für 24 Stunden 12 Pfund. oder circa ein Viertel des Körpergewichtes betragen. Collard de Martigny ***) erhielt bei Kaninchen, die 24 Stunden gefastet hatten, das eine Mal in 10 Minuten 9 Gran, ein anderes Mal in 7 Minuten 5 Gran Chylus. Demnach kämen auf 24 Stunden 2,7 bis 2,14 Unzen oder $\frac{1}{15}$ bis $\frac{1}{17}$ des Körpergewichtes, wenn dieses zu 3 medicin. Pfunden angenommen wird. In neuerer Zeit hat Colin mehrere

*) A. a. O. p. 99.

**) Précis élémentaire de Physiologie 1825. T. 2. p. 183. Citat b. Donders a. a. O. p. 358.

***) Journ. de Phys. T. 8. p. 176. Citat b. Donders a. a. O. p. 350.

Versuche an Pferden und Wiederkäuern über die Mengen des aus dem Ductus thoracicus ausfliessenden Chylus angestellt, aus denen aber nur soviel hervorgeht, dass er es mit enormen Quantitäten, namentlich bei den letzteren Thieren, zu thun gehabt hat. Zu einer Relation zwischen den gesammten Ausflussmengen und dem Körpergewicht der Thiere können indess seine Angaben nicht benutzt werden. Bei denjenigen Thieren nämlich, deren Körpergewicht Colin angibt, bestand der Halstheil des Ductus thoracicus aus mehreren Stämmen, von denen nur einer, gewöhnlich der grösste, benutzt wurde, die andern aber unberücksichtigt blieben. Wenn nun auch Colin bei den meisten dieser Versuche die Zahl der Nebenarme anführt, so würde doch eine darauf gestützte Berechnung willkürlich ausfallen. Bei anderen Thieren dagegen, von denen ausdrücklich gesagt wird, dass bei ihnen der Halstheil des Ductus thoracicus aus einem einfachen Stamm bestand, ist leider das Gewicht der Thiere nicht angegeben. Ebenso fehlen die Angaben darüber, in welchem Maasse in den einzelnen Fällen der Kopf, der Hals und die vorderen Extremitäten zur Speisung des Ductus thoracicus beitrugen. Aus dem über die anatomischen Verhältnisse Mitgetheilten geht nur so viel hervor, dass der Ductus thoracicus an seiner Einmündungsstelle bei Pferden häufiger einfach angetroffen wird, bei den Wiederkäuern dagegen meist aus mehreren Armen von veränderlicher Zahl zusammengesetzt ist, sowie, dass hier das Verhältniss der Lymphgefässe des Kopfes, Halses und der vorderen Extremitäten zum Ductus thoracicus gleichfalls variabler ist, als bei den Pferden.

Bei den Füllen, die wir zu unseren Versuchen benutzten, war der Ductus thoracicus stets ein einfacher Stamm und zeigte keine Verbindungen mit den Stämmen der vom Kopfe, Halse und von den vorderen Extremitäten kommenden Lymphgefässe. Somit sind die erhaltenen Ausflussmengen nur auf den Rumpf und die hinteren Extremitäten zu beziehen.

Auch hier wurde das von Colin beschriebene operative Verfahren in Anwendung gebracht.

Experiment I. Füllen von 260 Pfd. Gewicht des Kopfes und Halses = 36 Pfd., der vorderen Extremitäten = 16 Pfd.; das Gewicht des Rumpfes und

der hinteren Extremitäten beträgt demnach 162 Pfd. = 78624 Grm. Dasselbe Füllen war 2 Tage früher zu Untersuchungen am Truncus trachealis dexter benutzt worden, hatte aber sowohl bald nach der ersten Operation, als auch in den folgenden Tagen trotz des bedeutenden operativen Eingriffs Futter und Getränk, wenn auch in geringeren Quantitäten, zu sich genommen. Mittelst eines in den Halstheil des Brustganges eingebundenen Tubulus von 3 Mm. Weite wurden aufgefangen:

1)	in 15 Minuten	= 97,151	Grm.
2)	- 15 -	= 67,457	-
3)	- 15 -	= 71,535	-
4)	- 15 -	= 62,094	-
5)	- 15 -	= 66,303	-
6)	- 15 -	= 59,679	-
7)	- 15 -	= 58,2	-

demnach in 105 Minuten = 482,419 Grm., oder
pro 1 Minute = 4,6 Grm.

78624 Grm. des Thieres würden hiernach in 24 Stunden 6624 Grm. Chylus und Lymphe liefern; mithin kommt auf je 1 Kilogr. 84,2 Grm. Lymphe.

Experiment II. Füllen von 200 Pfd. Gewicht des Kopfes und Halses = 29 Pfd., der vorderen Extremitäten = 12 Pfd. Das Gewicht des Rumpfes und der hinteren Extremitäten somit = 147 Pfd. = 60196,5 Grm. Das Füllen war 3 Stunden vor dem Auffangen des Chylus mit Mehl und Heu gefüttert worden.

1)	in 15 Min.	= 29,848	Grm.
2)	- 15 -	= 33,33	-
3)	- 15 -	= 36,351	-
4)	- 15 -	= 43,973	-
5)	- 15 -	= 46,335	-
6)	- 15 -	= 51,493	-
7)	- 15 -	= 54,031	-
8)	- 15 -	= 53,4	-
9)	- 15 -	= 69,546	-
10)	- 15 -	= 53,817	-
11)	- 15 -	= 81,447	-
12)	- 15 -	= 66,903	-
13)	- 15 -	= 79,789	-
14)	- 15 -	= 83,567	-
15)	- 15 -	= 57,502	-
16)	- 15 -	= 57,457	-
17)	- 15 -	= 66,908	-
18)	- 15 -	= 67,545	-
19)	- 15 -	= 79,768	-
20)	- 15 -	= 90,8875	-
21)	- 15 -	= 67,303	-

Chloroformirt.

Die Wirkungen des Chloroform hatten aufgehört.

Demnach in 315 Min. = 1290,9905; pro 1 Min. = 4,09 Grm.;

demnach kommen in 24 Stunden auf ein Körpergewicht von 147 Pfd. = 60196,5 Grm., 5889,6 Grm., auf 1 Kilogramm 97,8 Grm. oder circa $\frac{1}{10}$ des Körpergewichts Lymphe und Chylus.

Experiment III. Füllen von 220 Pfd. Gewicht des Kopfes und Halses = 32 Pfd., einer vorderen Extremität = 14 Pfd.; das Gewicht des Rumpfes und der hinteren Extremitäten ist somit = 73810 Grm. Das Füllen war 5 Stunden vor dem Versuch mit Milch gefüttert worden.

- | | | |
|----|------------|-----------------|
| 1) | in 15 Min. | = 117,7905 Grm. |
| 2) | - 15 - | = 165,3272 - |
| 3) | - 15 - | = 146,4587 - |
| 4) | - 15 - | = 138,630 - |
| 5) | - 15 - | = 136,0831 - |
| 6) | - 15 - | = 155,7796 - |

Demnach in 90 Min. = 860,0781 Grm. pro 1 Min. = 9,5564 Grm.

Auf 24 Stunden kommen somit 13680 Grm. auf ein Körpergewicht von 180 Pfd. = 73710 Grm.: mithin liefert 1 Kilogramm des Thieres in 24 Stunden 185,5 Grm. oder circa $\frac{1}{5}$ seines Gewichts Lymphe und Chylus.

Hier nach zeigt sich ein auffallender Unterschied in der Ausflussmenge, je nach der Nahrung des Thieres. Während dieselbe im Experiment II. bei einem mit Heu gefütterten Füllen auf ein Kilogr. des Thieres 97,8 Grm., also etwa $\frac{1}{10}$ des Körpergewichts beträgt, ergiebt sich im Experiment II. bei einem mit Milch gefütterten Füllen ungefähr die doppelte Ausflussmenge.

Ferner variiert die Ausflussmenge, je nachdem mehr oder weniger Bewegungen des Thieres in den gleichen Zeitraum fallen. Den besten Beweis hiefür liefert das Experiment II., wo in der Zeit, während welcher das Thier chloroformirt war und sich somit ziemlich ruhig verhielt, die Ausflussmenge bedeutend geringer ist, als in der späteren Zeit, wo das Chloroformiren eingestellt war, und das Thier häufigere Anstrengungen machte, sich seiner Fesseln zu entledigen.

5. Ueber den Ursprung der vis a tergo im Lymphgefäßsystem.

Der Uebertritt der Lymphe in die Anfänge der Lymphgefässe hat je nach der Vorstellung, welche die Physiologen von der anatomischen Beschaffenheit dieser Gefässe hatten, eine so verschiedene Deutung erfahren, dass hypothetisch bereits Alles erschöpft zu sein scheint, was über die muthmaassliche Natur jenes Vor-

ganges ausgesagt werden kann. Es kommt jetzt nur noch darauf an, darzuthun, welche von den aufgestellten Hypothesen mit den über den Lymphstrom gewonnenen Erfahrungen am besten im Einklang steht, und deshalb als die der Wahrscheinlichkeit nach richtigere festgehalten werden muss. Es leuchtet nämlich ein, dass das physiologische Experiment als solches nicht im Stande ist, über diese Frage eine endgültige Entscheidung herbeizuführen, dass vielmehr eine begründete Ueberzeugung durch dasselbe nur im Verein mit der anatomischen Forschung gewonnen werden kann. Da indess die hierzu erforderlichen anatomischen Requisite noch fehlen, so muss der Verfasser sich damit begnügen, der Auffassung, zu welcher er auf Grundlage experimenteller Erfahrungen sich bekennt, die Form einer auf Wahrscheinlichkeitsgründe basirten Ansicht zu geben. Eine Erörterung aller über den Eintritt der Lymphe in die Anfänge der Lymphgefässe aufgestellten Ansichten würde hier zu weit führen; es braucht nur hervorgehoben zu werden, dass es sich gegenwärtig hauptsächlich darum handelt, ob die in den Lymphgefässen wirksame *vis a tergo* vom Blutdruck abzuleiten sei oder nicht. Dabei erscheint es zweckmässig, die Darlegung der Gründe, welche uns veranlassten, den Ursprung der *vis a tergo* im Blutdrucke zu suchen, mit der Widerlegung der von den Gegnern dieser Ansicht gemachten Einwürfe zu verbinden. Die gewichtigsten Einwände gegen die Ansicht, nach welcher die *vis a tergo* ein Abkömmling des Blutdrucks ist, sind von Donders erhoben worden. Es lässt sich jedoch nachweisen, dass dieselben nur unter gewissen Voraussetzungen haltbar sind, zu deren Annahme keine zwingenden Gründe vorliegen. Donders' Argumentation beruht auf folgenden Sätzen: „Es ist unschwer einzusehen, sagt er, dass der Seitendruck, welchen die Lymphe auf die Innenfläche der Lymphgefässe ausübt, grösser ist, als jener Druck, unter welchem die Ernährungsflüssigkeit steht. Wäre dies nicht der Fall, so müssten die Lymphgefässe comprimirt werden und es könnte gar keine Flüssigkeit in diesen Gefässen sein. Der Druck der Ernährungsflüssigkeit ist gerade um soviel, als die Wan-

*) Donders a. a. O. S. 349.

dungen der Lymphgefässe tragen, geringer, als der Druck der Lymphe. Ganz gewiss ist also der Druck der Lymphe grösser, als jener der umgebenden Ernährungsflüssigkeit, woraus dann folgt, dass er nicht vom Drucke der letzteren bedingt sein kann". Diese Differenz in den Druckverhältnissen der Lymphe und der umgebenden Ernährungsflüssigkeit soll nach ihm zugleich für die Lymphgefässe geschlossene Ansänge postuliren, da nur, wenn häutige Wandungen trennen, ein ungleicher Druck denkbar sei. Vindicire man dagegen mit Brücke den Lymphgefässen offene Enden in den Interstitien des Bindegewebes, so müsste man annehmen, dass an den Mündungen von der Ernährungsflüssigkeit ein Druck ausgeübt werde, der viel grösser sei, als er sonst wo von aussen auf die Lymphgefäßstämme ausgeübt werde, und zu einer solchen Annahme gebe es durchaus keinen Grund.

Das so eben Angeführte hat volle Giltigkeit, wenn man sich die Ernährungsflüssigkeit als ein die Lymphgefässe überall frei umspülendes Fluidum vorstellt. Wenn man aber diese Vorstellung fallen lässt und vielmehr annimmt, — wozu die Untersuchungen von Virchow berechtigen —, dass es kaum eine andere Ernährungsflüssigkeit giebt, als die in dem System der saftführenden Kanälchen enthaltene, so kann sehr wohl die die Lymphgefässe umgebende Ernährungsflüssigkeit unter einem höheren Drucke stehen, als die Lymphe selbst, ohne jedoch die Lymphgefässe zu comprimiren. Denn da bei dieser Auffassung fast sämmtliche Ernährungsflüssigkeit sich in Kanälchen eingeschlossen befindet, so wird dieselbe zunächst nur auf die Innenfläche der letzteren und nur mittelbar auf die Aussenfläche der Lymphstämme einen Druck ausüben können. Nur in sofern als der Ausdehnung der Kanälchen von irgend einer Seite ein Widerstand geleistet wird, werden dieselben einen Druck auf die benachbarten Theile ausüben. Es ist aber einleuchtend, dass die saftführenden Kanälchen, um den zu ihrer Ausdehnung erforderlichen Platz zu gewinnen, eher andere Theile ihrer Umgebung, auf denen nur der Atmosphärendruck lastet, erheben, als die Lymphgefässe comprimiren werden, deren Inhalt unter einem Drucke steht, der den Atmosphärendruck übertrifft. Wir können das supponirte Verhältniss der Ernährungsflüssigkeit

zu den Lymphgefassen durch ein Beispiel anschaulicher machen. Denkt man sich eine grössere elastische Röhre A von mehreren kleineren elastischen Röhren b, b', b'' . . . umgeben — wovon die auf der beigefügten Tafel enthaltene Figur einen Querschnitt darstellen soll — und nimmt ferner an, A habe stärkere Wandungen, als b, b' . . . und repräsentire das Lymphgefass, b, b', b'' . . . aber die saftführenden Kanälchen, und der Ring C die umgebenden Theile: so wird eine Steigerung des Druckes in b zunächst eine Erweiterung dieser Röhre, eine Compression der Röhre A aber erst dann bewirken, wenn die Ausdehnung von C mehr Kraft erfordert, als die Compression von A. Mithin steht von diesem Gesichtspunkte aus der von Virchow und Leydig *) vertretenen Ansicht, dass die Lymphgefässe ihren Ursprung aus den saftführenden Kanälchen oder den Verästelungen der sogenannten Bindegewebskörperchen nehmen, nichts entgegen. Bei diesen Angaben in Bezug auf das anatomische Verhalten der Lymphgefäßanfänge liegt es a priori nahe, die vis a tergo der Lymphgefässe in der Kraft zu suchen, mit welcher die Ernährungsflüssigkeit oder Lymphe aus den Blutgefassen transsudirt wird. Selbst wenn auch die vielfach gemachte Erfahrung, dass nach Injection der Blutgefasse die Lymphgefässe sich stärker füllen und die Injectionsmasse häufig in die letzteren übergeht, noch nicht als ein stichhaltiger Beweis für diese Ansicht angesprochen werden kann, so lehren wenigstens die nach Unterbindung der Jugularvene aufgesangenen Lymphmengen (Siehe oben II. Exp. VII.), dass eine Erhöhung des Blutdruckes einen vermehrten Uebertritt von Lymphe in die Lymphgefäßanfänge, somit eine Steigerung der vis a tergo zur Folge hat. Mit diesem von uns gefundenen Resultat der Venenunterbindung steht die Beobachtung von Ludwig und Krause **) durchaus nicht im Widerspruch, nach welcher die Unterbindung der Carotiden keine Verminderung der Ausflussmenge bewirkte. Denn obgleich hierdurch für einen bestimmten Abschnitt der arteriellen Gefässe der Blut-

*) Virchow, Gesammelte Abhandlungen S. 138 und 217. Leydig, Lehrbuch der Histologie. S. 27.

**) Zeitschrift für rationelle Medizin. Neue Folge. Bd. 7. S. 148—151.

druck abnahm, so ist dies doch für die kleinsten Gefässe der Carotidenverzweigungen und namentlich für die Capillaren derselben durchaus nicht nachweisbar. Es ist im Gegentheil wahrscheinlich, dass die durch Unterbindung der Carotiden hervorgerufene Erhöhung des Blutdruckes in den collateralen Gefässen durch den Circulus Willisii hindurch sich fortpflanzte und eine collaterale Fluxion in den Capillaren setzte. Für diese Ansicht scheint wenigstens der Umstand zu sprechen, dass Ludwig und Krause nach Unterbindung der Carotiden nicht nur keine Verminderung, sondern in der Mehrzahl der Fälle sogar eine geringe Vermehrung der aufgefangenen Lymphmengen beobachteten. Auch die Erfahrung Krause's, dass durch Reizung sensibler Nerven die producirete Lymphmenge bedeutend gesteigert wird, ist mit unserer Vorstellung von dem Ursprunge der vis a tergo sehr gut vereinbar. Donders glaubt zwar diesen Umstand als eine Stütze für die von ihm aufgestellte Hypothese benutzen zu dürfen, dass die vis a tergo von einer directen Nervenaction abzuleiten sei, die ihr Analogon in der Kraft finde, mit welcher in den Drüsen unter dem Einfluss der Nerven Flüssigkeiten bis zur freien Oberfläche gelangen. Abgesehen aber davon, dass es noch fraglich ist, ob das von Ludwig an der Submaxillardrüse beobachtete Phänomen in der That auf eine eigenthümliche, von einer Einwirkung auf die contractilen Elemente der Gefässwandungen durchaus verschiedene Nervenaction zurückzuführen sei, so ist es jedenfalls nicht erforderlich, zur Erklärung der auf Reizung sensibler Nerven folgenden Steigerung der Lymphproduktion hierzu seine Zuflucht zu nehmen, da dieselbe aus den vermehrten auf reflectorischem Wege zu Stande gekommenen Muskelaktionen vollkommen begreiflich ist. Krause führt ausdrücklich an, dass das zu solchem Reizversuch von ihm benutzte Thier während der Reizung trotz der Narcose lebhaften Schmerz geäusserst habe, also ohne Zweifel lebhafte Bewegungen ausführte. Auf welche Weise aber Muskelaktionen, abgesehen von der Steigerung des Stoffumsatzes in den Muskeln selbst, eine Vermehrung der Bewegungsquantität der Lymphe bewirken, glauben wir in den oben angeführten Experimenten hinlänglich dargethan zu haben,

Nach dem Mitgetheilten lässt sich unsere Auffassung der vis a tergo folgendermaassen formuliren.

Die vis a tergo der Lymphgefässe ist ein Derivat des Blutdruckes. Ob aber die Lymphgefäßwurzeln mit den Blutgefässen blos im Contact oder in der Continuität sich befinden, muss noch entschieden werden. Im ersten Falle würde der Uebergang von Blutbestandtheilen in die saftführenden Kanälchen als ein durch ungleichen Druck modifizirter osmotischer Process aufzufassen sein, da die Verzweigungen der Bindegewebskörperchen neben dem vom Blute stammenden Ernährungssafte gleichzeitig die Producte des Stoffwechsels ihrer Territorien enthalten. Dieser Ansicht entsprechend würden wir auch die vis a tergo in den vom Darm herkommenden Chylusgefässen von mechanischem Drucke und zwar, wie dies auch schon von Brücke geschah, von dem Drucke ableiten, unter dem der Darminhalt steht. In welcher Weise die Aufnahme von Substanzen aus dem Darmkanale durch die Contractionen der Zotten befördert wird, hat Donders auseinandergesetzt.

Wenn aber in der That spätere Untersuchungen erweisen sollten, dass die Lymphgefässe und Blutgefässe in Continuität sich befinden, wenn die ausserordentlich wichtige Angabe Heidenhain's *) über den Zusammenhang von Blutcapillaren mit den Ausläufern von Bindegewebskörperchen in den Peyer'schen Follikeln des Darmes, oder von G. Eckard **) über den gleichen Zusammenhang der zartesten Blutgefässe mit dem die Alveolen der Lymphdrüsen durchsetzenden Netzwerk feinster, von Bindegewebskörperchen abzuleitender Röhren, in weiteren Grenzen Geltung erlangen, ja als ein allgemein gültiges Organisationsgesetz sollten aufgestellt werden können, wenn die Lehre von einem plasmatischen Gefässystem, in welches nur die Blutflüssigkeit, nicht aber die Blutkörperchen eintreten, hiernach aus dem Gebiete vager Hypothesen in das wohl begründeter anatomischer Thatsachen übergehen sollte:

*) Symbolae ad anatomiam glandularum Peyeri, Vratislaviae 1859, und in du Bois' und Reichert's Archiv 1859. S. 460.

**) De glandularum lymphaticarum structura, dissert. inaug. Berolini 1858.

dann würde die Ableitung der im Lymphstrom wirksamen vis a tergo von dem Blutdrucke noch ungleich einfacher sich ergeben. Alsdann würde nämlich gesagt werden müssen, dass aus den capillaren Arterienenden dem Blute ein doppelter Weg offen stehe, zunächst der längst bekannte weit offene in die capillaren Venen-anfänge, in welche das ganze Blut mit allen seinen suspendirten Elementen, den Blutkörperchen, eintreten kann, und dann der ausserordentlich enge, nur die Blutflüssigkeit zulassende, in die Ausläufer der Bindegewebskörperchen und von da in die Lymph-gefässe führende Weg, der also nur einen Umweg zum Venensystem darstellt, und in welchem daher, ganz ebenso wie im letzteren, die treibenden Kräfte nur auf den Blutdruck d. h. die Herz-thätigkeit zurückzuführen wären. Für diese Ansicht, welche jetzt nur auf wenige vereinzelte und nicht zweifellose anatomische Beobachtungen gestützt werden kann, eine breitere empirische Basis zu gewinnen, müssen wir für eine der wichtigsten Aufgaben halten, welche die physiologische Forschung in der nächsten Zeit prüfend zu verfolgen haben wird.

Erklärung der Abbildungen.

Nr. I—V sind mittelst des Kymographions gezeichnete Curven, welche die Druckverhältnisse im Duct. thorac. darstellen. Die näheren Angaben finden sich im Abschnitt III. Die beigefügte schematische Figur gehört zu der auf Seite 59 gegebenen Auseinandersetzung.