

Ueber die  
**Strom- und Druckkräfte des Blutes**  
in der  
**ARTERIA PULMONALIS.**



**Inauguraldissertation**

zur

**ERLANGUNG DER DOCTORWÜRDE**

in der

**Medicin, Chirurgie und Geburtshülfe**

vorgelegt

der hohen medicinischen Facultät

der

**Universität Zürich**

den 1. Juni 1850

von

**CARL ADOLPH BEUTNER**

von Bergzabern, Rheinpfalz.

---

Zürich,

Druck von Zürcher und Furrer.

1850.



# Meinem theuern Vater

mit dem Gefühle der tiefsten Dankbarkeit für seine  
fortwährenden Aufopferungen

gewidmet.



## V o r w o r t.

---

Da über einen der Hauptfaktoren der Respiration, ich meine den Blutkreislauf in den Lungen, noch so wenig genügende Data vorliegen, und alle theoretischen Untersuchungen wie natürlich zu keinem genügenden Resultate führen werden, wenn sie nicht durch Versuche an lebenden Wesen unterstützt werden, so wurde ich durch den Herrn Professor Ludwig veranlasst, meine Muse in Zürich einer derartigen Versuchsreihe zu widmen. Dieser Aufforderung leistete ich noch um so lieber Folge, weil es mir vergönnt war, alle meine Versuche in dem physiologischen Laboratorium der Hochschule anzustellen. Möchte man die Schwierigkeiten, deren Ueberwindung gelungen ist, nicht zu gering anschlagen, und möchte ein Verhältniss zwischen Arbeit und Resultat bestehen.

I.  
Geschichtliches.

Beim Beginne meiner Arbeit lagen über unsern Gegenstand noch keine Versuche vor; die Geschichte der Wissenschaft hatte bis dahin nur weniger theoretischer Betrachtungen zu erwähnen, die aber, wie schon anderweitig bewiesen, mit so schwachen Hilfsmitteln unser komplizirtes Problem angreifen, dass es sich nicht der Mühe lohnt, ihrer namentlich zu gedenken. Während des Verlaufs der Arbeit ist aber eine wichtige Untersuchung von Hering (Archiv für physiologische Medizin von Vierordt, 1850, 1. Heft) erschienen, in welcher die Resultate mitgetheilt werden, welcher dieser verdiente Physiolog an einem acht Tage alten Kalbe, das mit *ectopia cordis* behaftet war, dadurch erhalten hatte, dass er Glasröhren geradezu in die linke und rechte Herzkammer gleichzeitig einbrachte. Er stach nemlich mit einer Lanzette eine Oeffnung in die oben liegende Fläche des rechten, mehr nach vorne liegenden Ventrikels, nicht grösser, als um durch dieselbe eine senkrecht gehaltene Glasröhre von ohngefähr 4 Fuss Länge und 1,90 pariser Linien Durchmesser bis in das Lumen der Kammern (deren innere Fläche die Röhre noch zu durchbohren hatte) einführen zu können; sogleich stieg das sehr dunkel gefärbte Blut in der Röhre in die Höhe und erreichte einen Stand von 18 württembergischen Dezimalzollen (gleich 515,7 Millimeter). Hierauf wurde ein ähnlicher Stich in den linken Ventrikel gemacht und eine Glasröhre eingesetzt, in welcher

das hochrothe Blut schnell auf 27—30 Zoll stieg. Nun beobachtete er während etwa drei Minuten das lebhafteste Steigen und Fallen beider Blutsäulen; in der rechten Röhre stieg das Blut bei jeder Contraction um  $1\frac{1}{2}$ —2 Zoll; es erreichte jedoch nur momentan den höchsten Stand mit 21 Zoll; in der linken Röhre stieg das Blut bei jeder Systole um  $1\frac{1}{2}$ , 2 Zoll und darüber und erreichte das Maximum bei 33,4 Zoll.

So wichtig diese Beobachtung ist, so ergibt sich doch aus derselben sogleich, dass sie ein anderes Ziel verfolgt, als das unsere. Sie gibt begreiflich keinen Aufschluss über die in der *arteria pulmonalis* vorhandenen Strom- und Druckkräfte und ihre zeitlichen Schwankungen.

Diese unsere Behauptung erhellt unmittelbar, wenn man erwägt, dass beim Uebertreten des Blutes aus der Kammer in die *arteria pulmonalis* eine gewisse, aber gar nicht zu bemessende Menge von Kraft für den Strom in der *arteria pulmonalis* verloren gehen muss, welche sich als Spannkraft in der Herzkammer geltend machen wird. Die Hering'schen Versuche geben ferner, was von noch grösserer Wichtigkeit ist, auch gar keine Aufklärung darüber, unter welchen Verhältnissen sich das Blut während der Diastole des Herzens in der *arteria pulmonalis* befinde, und noch weniger, welche Schwankungen in den Druck- und Stromkräften durch die Respirationsbewegungen, respective die Lungenausdehnung, herbeigeführt werden. Es lohnt sich aber, wie es scheint, überhaupt der Mühe, zu fragen, was denn Hering eigentlich gemessen habe.

Er würde die von dem Herzen mitgetheilten Stösse ihrer Intensität (also das Flächendifferential des Theiles der Herzkraft, der zur Bewegung des Blutes dient), und ihren absoluten und zeitlichen Variationen nach gemessen haben, wenn er die grossen Gefässe geschlossen, und den Widerstand an der Einströmungsstelle in das Messrohr und zugleich die ab-

solute Menge der zur Ausgleichung der Drücke nöthigen Flüssigkeitsmenge möglichst gering gemacht hätte. Nur unter dieser Voraussetzung, die zum Theil gewiss, zum Theil wahrscheinlich ausführbar war, würde die Flüssigkeit den ganzen Druck, den die Herzwandung ihr mitgetheilt hatte, dem Manometer zurückgegeben, und sich der Druck im Herzen und in der Röhre zu jeder Zeit ausgeglichen haben. Da nun aber bei Hering die Widerstände im Messrohr beträchtlich gewesen sind (wie daraus hervorgeht, dass er selbst während der Herzpause einen so hohen Druck beobachtete), so hat er offenbar etwas anderes gemessen, als die Ordinaten der Curven, durch welche der jeweilige Druck auf die der Messung unterworfenen Stelle ausgedrückt wird. Er hat offenbar nur den mittleren Werth der auf das Messrohr wirkenden Drücke gefunden. Denn nach den gegebenen Bedingungen ist die in dem Messrohr gefundene Druckhöhe dem auf dieselbe wirkenden Drucke ( $k$ ) direkt, dem Widerstande ( $w$ ) an der Mündung und dem Verlaufe der Röhre umgekehrt proportional. Es wird also in diesem Falle nur  $\frac{k}{w}$  gemessen; begreiflich würde dieser Ausdruck  $\frac{k}{w}$  bald in  $k$  übergehen, wenn  $k$  für einige Zeit konstant bliebe, denn der Divisor ist bekanntlich nicht allein von der Röhrenbeschaffenheit, sondern auch von der Geschwindigkeit des Einströmens in das Rohr abhängig, und zwar so, dass er mit abnehmender Geschwindigkeit fortwährend abnimmt, so dass, wenn diese zu null wird, er selbst null ist. Da aber auch diese Bedingung, wonach das jeweilige  $k$  für einige Zeit konstant geblieben sein sollte, nicht erfüllt war, da im Gegentheil die in der Flüssigkeit wirksamen Kräfte zu rasch schwankten, als dass sie sich dem Rohre mittheilen könnten, so erhalten wir, wenn wir die zeitlichen Schwankungen noti-

ren, nur einen Ausdruck von der sogenannten mittleren Kraft, weil der Divisor  $w$  mit gleicher Macht verhindernd auf das Steigen und Fallen in dem Messrohr wirkt. Begreiflich würden dann seine Zahlen nicht allein Funktion der Intensität der Kontraktion und ihrer Dauer, sondern auch zugleich eine solche der Zeit und der Intensität des Nachlasses in der Pause gewesen sein. Ein solcher mittlerer Werth für  $k$  lässt sich nun, freilich unvollkommen, aus den Hering'schen Zahlen entwickeln, weil er auch den Stand des Blutes zur Zeit der Herzpause angegeben hat. Würde die Curve sich genauer konstruiren lassen, so lohnte es sich der Mühe, mit einigen wenigen, nicht zu gewagten Voraussetzungen auch den absoluten Werth der Schwankungen anzugeben, indem man die Intensität des Drucks während der Pause  $= 0$  setzte, und den übrigen Werth in gleichmässigem Fallen und Steigen auf die Dauer der Kontraktion vertheilte. Zu einer solchen Umwandlung der Curve wäre es aber natürlich nothwendig, noch die Dauer der Pause und der Kontraktion zu wissen, und namentlich auch noch, ob die Curve der Intensität der Herzkontraktion symmetrisch ist. Nach Erledigung dieser Frage erhebt sich eine zweite, noch wichtigere, ob nemlich  $k$  wirklich den Werth der ganzen Kraft enthalte, welche das Herz dem Blute mittheilt. Offenbar wird dieses nur dann der Fall sein, wenn die Widerstände, welche sich dem Ausströmen des Blutes an der Aortenmündung entgegensetzen, beträchtlich genug sind, um den von allen übrigen Ventrikeloberflächen gegeneinander geschleuderten Blutpartikelchen Zeit zu lassen, ihren Druck untereinander während des Maximums ihrer Geschwindigkeit auszugleichen. Es wäre möglich und sogar nicht unwahrscheinlich (und diess ist noch zu untersuchen), dass Manometer, auf verschiedene Stellen desselben Ventrikels angewendet, zu gleicher Zeit ein verschiedenes  $k$  gäben.

Wäre erst die Gültigkeit dieser Bedingungen festgestellt, so dürfte eine Vergleichung der mittleren Druckhöhe beider Ventrikel, wie sie von Hering ausgeführt ist, auf Genauigkeit Anspruch machen. Es versteht sich aber weiter von selbst, dass ein Vergleich seiner Maxima keinen Werth hat.

## II.

### Methoden der Untersuchung.

#### A. Eröffnung des Brustkastens.

Den Brustkasten eröffnete ich nach der von Ludwig in Henles Zeitschrift für rationelle Medizin Band 7, 2tes Heft, genau angegebenen Methode, nachdem vorher künstliche Respiration eingeleitet war. Die Abtragung der Rippen geschieht immer nur auf der linken Brusthälfte, der rechte Pleurasack und Herzbeutel wurde überhaupt möglich unverletzt gelassen, die Thiere überleben dann die Operation länger. Die größeren Thiere, wie Hunde und Katzen, wurden vorher narkotisirt (siehe dasselbe Heft der vorhin angegebenen Zeitschrift). Bei Kaninchen durchschnitt man vor Eröffnung der Brusthöhle die beiden *nervi vagi*. Man muss es bei dieser Voroperation zu einer solchen Uebung zu bringen suchen, dass man so wenig Blut als nur immer möglich, verliert. Der Operirende nimmt während der Einsetzung der Canüle und ihrer Fixirung seinen Stand am besten auf der rechten Seite des Thieres.

#### B. Art und Ort der Einsetzung der Canüle und störende Folgen derselben.

Die Canüle, deren wir uns bedienten, um sie in die *arteria pulmonalis* einzusetzen, war eine einfache, silberne, gebogene Röhre, ganz leicht und dünn gearbeitet. Das Lumen der Canüle am Einsatzpunkte betrug bei Kaninchen und Ka-

tzen 1,8 Millimeter Durchmesser, bei Hunden 2,2 Millimeter, am Orte der Anheftung an das Röhrensystem 5,5 Millimeter; überhaupt ist es nothwendig, die Canüle so weit, wie nur immer möglich, fertigen zu lassen, um sie nach der hier so leicht erfolgenden Gerinnung des Blutes rasch und sicher reinigen zu können. Die Biegung geschah unter einem rechten Winkel; der Ast derselben, welcher in die Lungenarterie eingeführt wurde, besass eine Länge von 11,5 Mm., der andere, welcher mit dem Manometer in Verbindung stand, war 40 Mm. lang. Diese Canüle hat den Vortheil, dass man ziemlich tief in der Brusthöhle gelegene Gefässe mit dem Manometer in Verbindung bringen kann, ohne dieselben zu zerren.

Die Canüle haben wir nun in allen Fällen in den linken Ast der *arteria pulmonalis* eingesetzt und zwar so, dass wir bei Kaninchen und Katzen der ganzen linken Lunge, beim Hunde dem grössten Theil derselben das Blut entzogen. Die Einsetzung der Canüle erfordert bei der Schwierigkeit der Handgriffe und bei der Schnelligkeit, mit der sie geschehen müssen, besondere Uebung.

Um leicht zur *arteria pulmonalis* gelangen zu können, steht der Operirende auf der rechten Seite des Thieres, und hebt die linke Lunge aus dem Brustkasten hervor, die er alsdann mit der linken Hand über das Herz und die rechte Brusthälfte herüberzieht und fixirt; damit die Lunge nicht so hindert durch ihre grosse Ausdehnung, machten wir gewöhnlich am Rande einen kleinen Einschnitt, um sie etwas zu entleeren. Alsdann isolirt man mit feinen Pincetten die Arteria von dem sie umgebenden Zellgewebe; hiebei ist es kaum zu vermeiden, bei dem Herüberragen des Herzens an dieser Stelle, einigen Druck auf dasselbe auszuüben, um freiern Zutritt zur Arteria zu haben. Ist die Arteria möglichst weit isolirt, so muss man, um die Canüle ohne Blutverlust einsetzen zu kön-

nen, wie natürlich den Blutstrom vom Herzen aus abhalten, und um diess zu bewirken, machten wir verschiedene vergebliche Versuche mit schliessbaren Pincetten und allen möglichen Arten von Schleifen. Am besten und leichtesten geschieht es, bei der Beschränktheit des Raumes und der Dünneheit der Arterienwandungen, mit einem ganz einfachen, selbst verfertigten hölzernen Ligaturstabe, da alsdann nach Befestigung der Canüle an das Röhrensystem die Ligatur leicht gelöst werden kann, und auf diese Art die Arterie am wenigsten verletzt wird.

Um sodann die Canüle einzuführen, welche vorher mit kohlen saurem Natron gefüllt wurde, ist es zweckmässig, nur eine kleine Oeffnung in die Arterie zu machen, weil die weit geöffnete und isolirte Arterie der andrückenden Canüle leicht ausweicht, und somit eine grössere Oeffnung statt die Schwierigkeit der Einfügung der Canüle zu heben, sie mehrt. Ist die Canüle nun eingeführt und eingebunden, so folgt einer der schwierigsten Momente, nemlich die Feststellung der Canüle, welche durch einen Apparat nicht möglich ist, da das Thier und die Lungen zu vielen Bewegungen ausgesetzt sind. Um sie zu fixiren, ist ein geübter Gehülfe nöthig, welcher sich mit nichts anderm beschäftigen darf, und immer genau Acht haben muss, dass die Canüle in der gehörigen Richtung steht und die Arterie keinen Druck von den Lungen zu erleiden hat. Da es uns manchmal an der nöthigen Zahl von Gehülfen fehlte, so mögen manche Schwankungen in den Curven von der nicht möglichen Fixirung der Canüle herrühren. Die so fixirte Canüle wird nun mit Ludwigs Kymographion, wie er es in seinen Beiträgen zur Kenntniss des Einflusses der Respirationsbewegungen auf den Blutlauf im Aortensysteme ausführlich beschrieben hat, in Verbindung gebracht.

Die Folgen dieser gänzlichen oder theilweisen Oblitera-

tion einer Lunge sind im Allgemeinen, und auch besonders für unsere Versuche folgende:

1. Es vermehrt sich hiedurch der Widerstand auffallend, der dem Strom des Blutes in der *arteria pulmonalis* entgegentritt, weil das Strombett des Blutes um fast seine Hälfte verengert wird.\*) An und für sich ist diese Vermehrung des Widerstandes für unsere Versuche günstig, insofern man durch dieselben nur die Totalsummen der dem Blute mitgetheilten Kräfte kennen lernen will. Von Nachtheil ist sie dagegen, insofern man nur den normalen Seitendruck in der Lungenarterie zu untersuchen beabsichtigt. Wir haben also in unserm Falle einen abnorm hohen Seitendruck, respective den ganzen Druck (Strom und Seitendruck) gemessen, unter welchem das Blut in die *arteria pulmonalis sinistra* eindringt.

2. Man hat aber wahrscheinlich den Werth des gemessenen Drucks auch noch dadurch erhöht, dass man, durch Einfügung des beträchtlichen Widerstandes, die Intensität der Herzbewegung, welche von dem rechten Ventrikel geschieht, gesteigert hat, wie diess weist durch Einführung von Widerständen in den Kreislauf geschieht. Ob sich dieser Einfluss geltend gemacht, liegt gänzlich ausser unserm Ermessen.

3. Endlich hat man durch Verkümmern der Respiration resp. durch die Verengerung des Strombettes, durch verminderte Menge des zufließenden arteriellen Blutes, einen schwer zu bestimmenden Einfluss eingefügt. So weit man nach anderweitig vorliegenden Thatsachen urtheilen kann, wäre für uns von Bedeutung

- a) der Einfluss auf die *nervi vagi* und daraus eine veränderte Herzbewegung. Wir haben aus diesem Grund die *nervi vagi* öfters durchschnitten.

---

\*) S. Volkmann Haemodynamik p. 76.

b) Die mit den Athembeschwerden verbundenen Körperbewegungen. Wir haben diesen üblen Zufall nur selten zu bemerken Gelegenheit gehabt, wodurch zugleich erwiesen sein dürfte, dass auch die Vaguswurzeln mit hinreichender Menge arteriellen Blutes bespült wurden.

C. Methode der künstlichen Respiration und deren Folgen.

Um die künstliche Respiration gehörig zu reguliren, hielten wir für durchaus nothwendig, binnen einer gegebenen Zeit eine gegebene Anzahl ganz gleichmässiger grösserer oder kleinerer Luftstösse erhalten zu können. Um dieser Forderung Genüge zu leisten, bedienten wir uns eines Blasbalgs von folgender Konstruktion. Ein kleiner, gut schliessender Blasbalg, an seiner obern Seite mit einem Ventile von Goldschlaghäutchen, wurde unter dem Operationstische fest angeschraubt. Die untere Branche des Blasbalges war durch einen starken Messingstab exzentrisch an ein Rad befestigt, welches durch eine Kurbel in Bewegung gesetzt wurde. Beim Aufsteigen des Rades schloss sich der Blasbalg, beim Absteigen öffnete er sich. Durch diese Vorrichtung waren wir in Stand gesetzt, ganz gleichmässige Luftstösse mit gleichem Auf- und Niedergang zu erzielen. Um eine grössere oder kleinere Menge Luft durch den Blasbalg zu treiben, war an dem Messingstabe an seiner Verbindung mit dem Rade eine Mikrometerschraube angebracht, wodurch die Exzentrizität des Messingstabes noch vermehrt oder vermindert werden konnte. Dadurch wurden ganz gleichmässige grössere oder kleinere Luftstösse erhalten. Um nun in einer gegebenen Zeit eine gegebene Anzahl von Luftstössen zu erhalten, durfte nur je nach Bedürfniss das Rad nach der Uhr schneller oder langsamer in Bewegung gesetzt werden.

Es versteht sich von selbst, dass der Blasbalg an seiner Lungenseite kein Ventil besitzen darf, da sonst kein hinreichender Luftwechsel stattfinden und Erstickungszufälle eintreten könnten. Wir haben, indem wir es wegliessen, bei lange andauernden Operationen keine Erstickungserscheinungen beobachtet; zum Beweis, dass in dem von uns angegebenen Blasbalg noch ein hinreichender Luftwechsel stattfindet.

Es muss hier noch bemerkt werden, dass es durchaus nothwendig ist, den Operationstisch fest in den Boden einschrauben zu lassen, und zwar so, dass beim Drehen des Blasbalges auch nicht die geringste Wackelbewegung stattfinden kann, da diese beim Operiren störend einwirken, und gewiss auch sehr leicht von bedeutendem Einfluss auf die Curven sein könnten.

Die Folgen der künstlichen Respiration, soweit sie sich theoretisch ausmitteln lassen, sind in vielen Punkten verschieden von denen der natürlichen Respirationsbewegungen.

Bei der künstlichen Respiration erfolgt allerdings, wie bei der natürlichen, eine Erweiterung der Lungen, zugleich aber, und hierin weicht die künstliche Inspiration von der natürlichen ab, ein erhöhter Druck gegen die innern Flächen der Bronchialröhren und ihrer Enden, also auch gegen die an ihren Wandungen verlaufenden Blutgefässe.

Bei der künstlichen Expiration ist der Druck, der die Entleerung bewerkstelligt, wahrscheinlich geringer als bei der natürlichen. Die Entleerung geschieht hier nemlich einmal in Folge des aufgehobenen Druckes auf die Bronchialmündungen, und dann noch ferner durch die Elastizität der Lungenwandungen.

Noch ein Moment von einigem Einfluss bei der künstlichen Respiration sind die Luftstösse gegen die Lungenwurzel und die *arteria pulmonalis*. Doch findet diess beim Athmen

auch immer einigermaßen statt; und beim Kaninchen, für das wir ganz kleine Luftstösse brauchten, war dieser Fehler zu vermeiden, aber nicht vollständig bei Katzen und Hunden, die einer bedeutend grössern mit grösserer Geschwindigkeit eingestossenen Luftquantität zur Respiration bedürfen.

D. Abschwächung des Herzens durch Eröffnung  
der Brusthöhle.

Es könnte uns hier der Einwand gemacht werden, dass durch Eröffnung der Brusthöhle eine bedeutende Veränderung der Intensität der Herzkontraktionen statt haben müsste. Von derselben Ansicht ausgehend, überzeugte ich mich davon, ehe ich die eigentlichen Versuche begann, dass dem nicht so sei. Ich setzte nemlich eine Canüle in die *Arteria carotis* und liess sie nun vor und nach Eröffnung der Brusthöhle Curven beschreiben, und es zeigte sich gar keine Veränderung in der Intensität des Herzschlages. Bei länger dauerner Eröffnung der Brusthöhle tritt aber natürlich mit heranahendem Tode eine Abschwächung des Herzens ein, vielleicht durch Abkühlung, vielleicht in Folge von anderweitigen Blutstockungen. Um einen Masstab für die Grösse dieser Veränderungen zu gewinnen, entschlossen wir uns, möglichst häufig gleichzeitige Versuche an der *a. carotis* und *a. pulmonalis* anzustellen.

III.

Resultate.

A. *Arteria pulmonalis* für sich.

Wir geben nun die von uns erhaltenen Resultate, und zwar geben wir zuerst eine Bestimmung der mittlern Druckhöhe in der *arteria pulmonalis* aus allen von uns angestellten Beobachtungen an.

	Zeitdauer eines Versuchs in Sekunden.	Mittlere Druckhöhe in Millimeter.	Bemerkungen.	
A. Hunde. *)				
1ter Hund	55	28,5	narcotisirt und nervi vagi nicht durchschnitten bei einem ganz kleinen Hunde. Etwas grösserer Hund.	
		26,6		} 29,6
2ter Hund	36,4	31,4		
		30,3		31,4
B. Katzen.				
1te Katze. 1te Curve	18,1	16,6		narcotisirt und nervi vagi nicht durchschnitten.
		17,8	} 18,8	
2te Curve	33,0	16,8		
		32,8	16,8	
3te Curve	49,2	24,0	} 17,5	
		19,3		
4te Curve	44,2	21,3		
2te Katze	50,3	16,2	} 17,5	
		29,5		18,9
3te Katze	22,0	24,7	} 18,8	
		11,8		13,2
4te Katze	36,0	15,4	} 17,6	
		29,6		14,7
5te Katze	35,6	17,5	} 15,2	
		34,5		12,8
6te Katze. 1te Curve	67,8	23,4	} 19,4	
2te „	60,0	14,5		
3te „	65,3	16,6		
4te „	71,2	20,9		
5te „	63,7	21,9		
7te Katze. 1te Curve	58,0	18,1	} 17,1	
2te „	65,4	19,0		
3te „	70,8	15,0		
3te „	68,8	7,5		

\*) Es ist hier zu bemerken, dass man nur kleine Hunde zu solchen Versuchen gebrauchen kann, da man grössern Hunden mit unserm Blasbalg nicht hinlänglich Luft zuführen kann.

Bei der ersten und bei der dritten Katze erhebt sich die mittlere Höhe einmal auf 24 Millimeter; beide Curven weichen bedeutend von den übrigen angegebenen Zahlen ab, was davon herrührt, dass in beiden Curven das Thier heftige Athemkrämpfe hatte, desswegen konnten auch diese beiden Curven, ebensowenig wie die 4te Curve von der 7ten Katze, welche beim Absterben des Thieres erhalten wurde, zur Bestimmung einer allgemeinen mittlern Druckhöhe benutzt werden.

Es ergibt sich als Mittel sämmtlicher Beobachtungen an der Katze = 17,6. Dass diese Zahl eine den natürlichen Verhältnissen sich annähernde sein dürfte, geht daraus hervor, dass sie wenig von dem Mittel abweicht, welches jedes Thier für sich gibt, wie die Zahlen ohne weiteres zeigen.

C. Kaninchen.

	Zeitdauer in in Sekunden.	Mittlere Druckhöhe in Millimeter.	Bemerkungen.
1tes Kaninchen	46,1	10,0	Nervi vagi durchschnitten bei allen Thieren.
2tes „	33,0	14,7	
3tes „	22,0	15,6	
4tes „	20,6	17,5	
5tes „	33,7	15,4	
6tes „	33,3	11,9	
7tes „	37,7	10,6	
8tes „	37,7	9,7	
	12,0	8,3	12,07
	12,3	10,7	
	9,5	8,4	
		9,3	

Eine Vergleichung der mittleren Druckhöhe der verschiedenen Thiere führt sogleich zu sehr interessanten Resultaten.

Zuerst ist ersichtlich, dass mit der mittleren Grösse des Thieres auch der mittlere Gesamtdruck in der *arteria pulmonalis sinistra* im Steigen begriffen ist. Das Resultat dieses Vergleichs kann natürlich nur in dieser ganz allgemeinen Form ausgesprochen werden; es dürfte aber als ein feststehendes

betrachtet werden, weil wir, wie wir wiederholt in Erinnerung bringen, immer dieselbe Stelle des Gefässsystems untersucht haben. In Verbindung mit diesem Gesetz gewinnt nun der Erfolg des Hering'schen Versuches einige Bedeutung auch für uns. Reduzirt man nemlich seine Zahlen auf Quecksilber, so stellt sich als mittlere Druckhöhe des rechten Ventrikels 43,6 Millimeter heraus. Diese Zahl dürfte annähernd in unsere Reihe passen; es ist natürlich nicht zu entscheiden, ob sie als mittlere Zahl zu hoch ist; denn wenn sie auch im speziellen Falle offenbar einen höhern Druck angibt, als den, welchen man in der *arteria pulmonalis* gefunden haben würde, so ist anderweitig auch die Möglichkeit gegeben, dass der ganze Herzdruck in diesem Falle unter einer mittleren Höhe geblieben sei.

Die Beobachtung, dass mit steigender Grösse des Thieres auch der mittlere Gesamtdruck wächst, findet sich in vollkommener Uebereinstimmung mit den Beobachtungen an der *Carotis*, welche von Volkman in seinem klassischen Werke über *Haemodynamik* Seite 177 zusammengestellt sind. Es entwickelt demgemäss auch das Flächendifferential des rechten Herzens grösserer Thiere in gegebener Zeit eine grössere Kraft als das kleinerer Thiere, und bedenkt man, dass zugleich die Herzschläge der grössern Thiere sich viel langsamer folgen, als die der kleinen, so muss man den einzelnen Bewegungen der letztern eine viel geringere Intensität, als denen der ersteren zuschreiben.

Dieser Unterschied in den Kräften des rechten Herzens bei verschiedenen Thiergeschlechtern erscheint folgerichtig, so wie eine gleiche Vermehrung bei dem linken nachgewiesen ist, weil unter dieser Voraussetzung allein eine der Fundamentalforderungen eines geregelten Kreislaufes erfüllt ist; die nemlich, dass zu allen Zeiten gleiche Mengen von Flüssigkeit

durch alle zu einander gehörigen Querschnitte des Systemes fließen.

Die Steigerung der Kräfte erscheint teleologisch ausserdem auch wohl nothwendig, wenn man sich überlegt, dass sich die ganze Lungenhälfte eines kleinen Thieres, allen ihren Verhältnissen nach, wie ein Lungenlappen eines grössern verhält, ihr also alle diejenigen Widerstände erspart sind, welche in der grössern Lunge dem Blute bis zum Eindringen in die kleinern Lappen entgegenstehen, wobei freilich im Hinblick auf die theoretischen Untersuchungen Volkmanns auch wieder zu bemerken ist, dass bei kleinen Thieren wegen geringer Anzahl der Collateralgefässe der Widerstand zunimmt.

Da man die ganze Stromkraft in den Lungenvenen wohl ohne beträchtlichen Fehler eben so gross setzen darf, als in den Körpervenen, so ist der absolute Werth unserer Drücke, die in so grosser Nähe von den Capillaren gefunden sind, von Interesse. Aus ihnen wird man ein ohngefähres Maass des Widerstandes ableiten können, welchen bei normaler Geschwindigkeit das Capillarsystem der Lungen dem Blutstrom entgegensezt. Dieser Widerstand ist, wie sich zeigt, nicht sehr beträchtlich, was einzig und allein erklärlich wird, wenn man die Annahme eines sehr langsamen Stromes innerhalb der Lungen statuirt; eine Annahme, der in der That bei der ungeheuern Ausbreitung des Strombettes keine Unmöglichkeit entgegensteht.

Diese geringen Werthe des Seitendrucks, den die Capillaren zu tragen haben, der, wenn man sich so ausdrücken darf, durch jede Pore die Flüssigkeit zu treiben sucht, ist begreiflich nicht ohne grosse Bedeutung für die Funktion der Lungen. Wahrscheinlich ist es nur unter dieser Voraussetzung gelungen, die Absonderung von Flüssigkeiten aus dem engen, intrikaten und langen Capillarsystem der Lungen zu ver-

meiden. Es würde unter diesem Gesichtspunkte noch eine vergleichende Untersuchung der Capillaren-Vertheilung der Bronchialgefäße und der Pulmonalgefäße von Interesse sein.

Nicht minder wichtig erscheint es für die Aufhellung des Respirationsprozesses, dass die Gasarten im Blute keinem so hohen Drucke, wie man ihn wohl bisher annahm, unterworfen sind. Hier mag sich auch die Bemerkung anknüpfen, dass nach unsern Erfahrungen offenbar nicht alle Lungenlappen von gleicher Grösse für die Respiration gleichwerthig sind. Offenbar strömt in den vom Herzen entfernter liegenden Bahnen, in denen, welche aus den Endzweigen der Lungenarterie ihren Zufluss erhalten, das Blut langsamer, als in denjenigen, welche fast unmittelbar aus dem Beginn der Vertheilung gespeist werden. So einfach diese Bemerkung erscheint, so wenig scheint ihr Inhalt von den Pathologen gewürdigt zu sein. Eine Blutstockung in den ersten Seitenzweigen der *art. pulmonalis* führt gewiss zu einer beträchtlichern Verletzung des Respirationsherganges, als eine solche in den vom Stamm entferntern Regionen.

Wir werden nun die Abweichungen von der mittlern Druckhöhe, welche in unsern Curven bemerklich sind, in's Auge fassen. Diese Abweichungen zerfallen nach ihren Ursachen, in wesentliche oder physiologische, und in ausserwesentliche oder solche, die durch den Messapparat und die Vorrichtung zur künstlichen Respiration eingeführt sind. Wir werden zuerst die letztern untersuchen.

a. Ausserwesentliche Schwankungen.

1) Durch die Stösse des Blasbals wird in schon früher bezeichneter Weise beim Einströmen der Luft ein Aufsteigen der Curve, beim Ausziehen derselben ein Absteigen bemerklich. Um eine Ueberzeugung von Isochronismus beider Vorgänge zu gewinnen, ist es entweder nothwendig, das Respi-

rationsrad mit gleichmässiger bekannter Geschwindigkeit zu drehen, oder mit dem Blasebalg noch ein Manometer zu verbinden, dessen Schwankungen man gleichzeitig mit denen der *a. pulmonalis* aufzeichnen lässt. Nachdem man sich die Gewissheit einer solchen Einwirkung verschafft hat, wird sich zunächst die Frage erheben, ob man Beobachtungen einen Werth beilegen kann, welche unter diesen Bedingungen gewonnen sind; Bedingungen, durch welche offenbar ein neues Kraft mittheilendes Element zu dem Strome hinzugefügt ist. Eine kurze Ueberlegung zerstreut aber die eingetretenen Besorgnisse. Offenbar bewirken die Luftstösse dadurch ein Ansteigen der *Pulmonaliscurve*, dass sie einen seitlichen Druck auf die kleinen oder grossen Gefässe ausüben. Richtet man sich nun seinen Apparat dermassen ein, dass der Hingang dieselbe Intensität der Wirkung besitzt, welche dem Rückgang der Luft zukommt, so werden sich die beiden Wirkungen kompensiren; darin lag, wie schon früher erwähnt, einer der grossen Vortheile unserer Respirationsvorrichtung. Bei den geringen physiologischen Schwankungen, welche der *Pulmonaliscurve* eigenthümlich sind, liess sich nun auch durch die Beobachtung die Richtigkeit des Calcüls prüfen. In der That, als man für kurze Zeit respirirte, und dann auf kurze Zeit die Respiration unterbrach, ergab sich als konstant, dass bei sonst gleichbleibenden Verhältnissen die mittlere Druckhöhe keine Differenzen zeigte, d. h. dieselbe blieb, mochte man geathmet haben oder nicht. Um uns hievon zu überzeugen, brachten wir mit dem Blasbalg ein Manometer in Verbindung und erhielten nun folgende Curve von der *arteria pulmonalis*; während 16 Sekunden sehen wir ganz gleichmässige Schwankungen über und unter die mittlere Höhe, welche offenbar von den Blasbalgbewegungen herrührten, da sie ganz genau den Schwankungen der vom Blasbalg erhaltenen Curve entsprechen;

als hierauf die Blasbalgbewegung unterbrochen wurde, sahen wir ganz deutliche Herzschläge, welche sich während 9 Sekunden ganz genau auf der mittlern Höhe halten; mit dem Beginne der Respiration treten nun wieder ganz gleichmässige Schwankungen über und unter die mittlere durchgelegte Höhe ein (vide Fig. I u. II).

So wenig schädlich diese Schwankungen nun auch für Bestimmung der mittlern Druckhöhe sind, so sehr sind sie geeignet, andere kurzdauernde Veränderungen der Druckhöhe zu verdecken. Will man daher den Werth irgend eines kurz dauernden Einflusses prüfen, so muss dieses möglichst zur Zeit einer Respirationspause geschehen.

2) Eine 2te Reihe von unwesentlichen Schwankungen wird durch Bewegungen der Canüle herbeigeführt; diese Schwankungen werden immer nur kurzdauernd, aber, je nachdem man durch die Zerrung die Gefässe verengert oder erweitert hat, bald auf- und bald absteigend sein. Leider gelingt es nicht, für sie ein genaues Kennzeichen zu finden.

#### b. Physiologische Schwankungen.

Zu ihnen zählen wir zuerst kleine, kurz dauernde Schwankungen, welche den Pulsschlägen entsprechen (v. Fig. I u. II). Es zeigt sich klar, wie auch schon aus den Untersuchungen des Körperkreislaufs bekannt ist, dass Abweichungen, von der mittlern Druckhöhe herbeigeführt, durch den Herzschlag um so geringer sind, je rascher sich die Herzschläge folgen.

Es zeigen sich zweitens aber auch grössere, etwas länger dauernde physiologische Schwankungen, welche von Athembewegungen des Thieres abhängen, und wegen des Zusammenhangs des Herzens mit dem Zwerchfell und dem Einliegen der rechten Lungenhälfte in dem Brustkorb immer noch einen beträchtlichen Einfluss gewinnen (v. Fig. III).

Es zeigen sich endlich drittens noch sehr lang dauernde

Abweichungen von dem Mittel, welche viele natürliche und künstliche Respirations- und Herzschwankungen in sich schliessen (vid. Fig. II). Ein so langer Aufenthalt über oder unter dem Mittel kann nur von Veränderungen in der Intensität der Herzkontraktion selbst abgeleitet werden. Eine Reihe vorübergehender oder dauernd wirkender Compressionen oder Zugwirkungen auf die Arterienwandungen wird nur ein vorübergehendes Aufsteigen oder Sinken, nie aber ein so dauerndes herbeiführen können. Es muss also dem wesentlichen das Blut treibenden Einflusse der Herzkraft diese Wirkung zugeschrieben werden. Woher aber diese Schwankungen der Herzkraft rühren, kann nicht in allen Fällen ermittelt werden. Ein Umstand jedoch, durch welchen eine für einige Zeit anhaltende Erhöhung der Intensität des Herzschlags herbeigeführt werden kann, ist uns bekannt geworden. Man kann ein Aufsteigen der Curve bewerkstelligen, wenn man die Respirationsbewegungen für längere Zeit unterbricht, und dieselbe dann wieder zum Mittel führen, wenn man die Athembewegungen von neuem beginnt. Dass hier keine Krämpfe der Athemmuskeln zur Bewerkstelligung dieses Ansteigens wirken, ergibt der Augenschein, da sie häufig genug fehlen. Zudem würden sie eine so dauernde Erhebung auch gar nicht herbeiführen können. Da fernerhin diese Beobachtung auch an Thieren gemacht wurde, deren beide *nervi vagi* durchschnitten waren, so bleibt keine andere Erklärungsmöglichkeit übrig, wie die, dass das venöse Blut ein beträchtliches Erregungsmittel für die Herznerven abzugeben im Stande ist. Es verhalten sich demgemäss die Centralorgane des Herzens wahrscheinlich analog denen der Respirationsorgane.

Wir bemerken nun an den von uns erhaltenen Curven folgende Schwankungen.

aa. Kaninchen.

Erstes Kaninchen. Mittlere Druckhöhe 10 Mm. Im Anfange steigt die Curve gegen das Mittel, erhält sich während einiger Sekunden darauf, sinkt dann während 5 Sekunden im Max. um 3 Millimeter unter dasselbe, erreicht dann dasselbe wieder, schwankt während 15,6 Sekunden auf demselben und übersteigt es wieder um 3,8 Mm. und erhält sich dann bis zu Ende auf demselben.

Zweites Kaninchen. Mittlere Druckhöhe 14,7 Millimeter. Die Curve bleibt mit gleichmässigen Schwankungen bis zu 1 Mm. auf der mittlern Höhe.

Drittes Kaninchen. Mittlere Druckhöhe 15,6 Mm. Die Schwankungen erhalten sich auf dem Mittel, gehen über dasselbe um 1 Mm. und unter dasselbe bis zu 2 Mm.

Viertes Kaninchen. Mittlere Druckhöhe 17,5 Mm. Die Curve erhält sich mit Schwankungen, wahrscheinlich Blasbalg-schwankungen, auf der mittlern Höhe.

Fünftes Kaninchen. Mittlere Druckhöhe 15,4 Mm. Es zeigen sich Schwankungen von der mittlern Druckhöhe mit kleinen Pulsschlägen von 0,1—0,2 Mm.

Sechstes Kaninchen. Mittlere Druckhöhe 11,9 Mm. Im Anfange bleibt die Curve während 13,6 Sekunden unter der mittlern Höhe mit 2 Mm., was wohl von einer Verminderung der Intensität der Herzschläge herrühren kann, erreicht dann das Mittel und übersteigt es während 12 Sekunden ebenfalls mit 2 Mm.

Siebentes Kaninchen. Mittlere Druckhöhe 10,6 Mm. Die Curve erhält sich mit gleichmässigen Schwankungen, wahrscheinlich Blasbalg-schwankungen, auf der mittlern Höhe.

Achtes Kaninchen. Erste Curve mittlere Höhe 9,7 Mm. Die Curve erhält sich während 17,3 Sekunden auf der mittlern Höhe, steigt dann plötzlich während 1,7 Sekunden bis

zu 3 Mm. Hier beginnt die Reizung des *Nervus vagus sinister*, und die Curve sinkt nun allmählig unter das Mittel, erhält sich während der Dauer der Reizung unter demselben um 1 Mm.; bei Aufhören des Reizes erhebt sie sich schnell wieder über das Mittel bis zu 3 Mm., und kehrt allmählig wieder zur mittlern Druckhöhe zurück.

2te Curve. Mittlere Höhe 8,3. Dieselbe bleibt beinahe fortwährend beträchtlich über dem Mittel bis zu 5 Mm., da heftige Athemkrämpfe des Thieres sich einstellen.

3te Curve. Mittlere Höhe 10,7. Dieselbe bleibt mit deutlichen Herzschlägen auf der mittlern Höhe.

4te Curve. Mittlere Höhe 8,4. Die Curve, welche beim Absterben des Thieres erhalten wurde, bleibt auf dem Mittel und sinkt mit deutlichen Herzschlägen unter dasselbe.

#### bb. Katzen.

Erste Katze. 1te Curve. Erster Theil; mittlere Druckhöhe 16,6 Mm. Sie behauptet die mittlere Druckhöhe während 11,9 Sekunden mit ganz kleinen Schwankungen, alsdann steigt die Curve über das Mittel um 0,6 Mm. während 5,9 Sekunden. Zweiter Theil; mittlere Höhe 15,2 Mm. Die Curve erhält sich fortwährend auf der mittlern Höhe.

Die 2te, 3te und 4te Curve erhalten sich ziemlich auf der mittlern Höhe, nur ist zu bemerken, dass während des 1ten Theils der 3ten Curve, bei welcher die mittlere Höhe auf 24 Mm. steigt, das Thier heftige Athemkrämpfe hatte.

Zweite Katze. Mittlere Druckhöhen 16,2 und 18,9. In beiden Curven bleibt die Curve ziemlich auf der mittlern Höhe.

Vierte Katze. 1te Curve; mittlere Druckhöhe 15,4 Mm.

2te Curve; mittlere Höhe 14,7 Mm.; in beiden bleibt die Curve mit gleichmässigen Schwankungen auf der mittlern Höhe

Fünfte Katze. Zweite Curve; mittlere Höhe 12,8; die

Curve erhält sich während 22 Sekunden auf dem Mittel, übersteigt dasselbe bis zu 5 Mm. mit gleichmässigen Schwankungen während 19,5 Sekunden, was offenbar von grösserer Intensität der Herzkontraktionen herrührt, kehrt wieder auf das Mittel zurück, und erhält sich bis zu Ende auf demselben.

Sechste Katze. 1te Curve; mittlere Höhe 23,4 Mm. Die Curve zerfällt in 3 Theile. In dem 1ten Theile erhält sich die Curve konstant über dem Mittel mit wenigen Schwankungen darunter, während 31,7 Sekunden, und sie schwankt zwischen 2,3; 4,3 — 6 Mm. Im 2ten Theile bleibt sie während 16 Sekunden auf dem Mittel mit gleichmässigen Schwankungen darüber und darunter; im 3ten Theile fällt sie während 19 Sekunden unter das Mittel, und zwar bis zu 11,5 Mm. Das Steigen im 1ten Theile der Curve rührt offenbar von grösserer Intensität des Herzens her.

2te Curve; mittlere Höhe 14,5 Mm. Die ganze Curve erhält sich konstant auf der mittlern Höhe, mit ganz geringen sich ausgleichenden Schwankungen darunter und darüber.

3te Curve; mittlere Höhe 16,6 Mm. Die ganze Curve erhält sich auf der mittlern Höhe mit gleichmässigen Schwankungen darunter und darüber.

4te Curve; mittlere Höhe 20,9 Mm. Diese Curve zerfällt in zwei Theile; der erste Theil erhält sich ziemlich gleichmässig mit Schwankungen darunter und darüber auf der mittlern Höhe; doch ist zu bemerken, dass die Schwankungen darunter etwas beträchtlicher sind, als die darüber, und zwar während 6 Sekunden; im 2ten Theile bleibt die Curve ganz über der mittlern Höhe mit deutlichen Herzschlägen, und zwar während 27,5 Sekunden bis zu 4 Mm., was offenbar von grösserer Intensität der Herzkontraktionen herrührt.

5te Curve; mittlere Höhe 21,9 Mm. Die Curve erhält sich ganz gleichmässig auf mittlerer Höhe; nur einmal, ohn-

gefähr in der Mitte, übersteigt sie während 18,3 Sekunden dasselbe um 3 Mm., und gegen Ende sinkt sie während einiger Sekunden darunter bis zu 7,5 Mm.

Siebente Katze. 1te Curve, mittlere Druckhöhe 18,1 Mm.; 2te Curve, mittlere Druckhöhe 19 Mm.; 3te Curve, mittlere Druckhöhe 15 Mm.. Alle 3 Curven erhalten sich mit ziemlich gleichmässigen Schwankungen auf der mittlern Höhe.

4te Curve, mittlere Druckhöhe 7,5 Mm.; im Anfang übersteigt die Curve die mittlere Höhe und sinkt dann etwas unter dieselbe, auf welchem Stand sie sich bis zu Ende erhält; die niedrige Druckhöhe rührt davon her, dass die Curve während des Absterbens des Thieres gezeichnet wurde, und desswegen konnte auch diese Zahl zur Bestimmung einer allgemeinen mittlern Höhe nicht benutzt werden.

B. Vergleichung der gleichzeitig an der *arteria pulmonalis sinistra* und der *arteria carotis* erhaltenen Druckhöhen.

a. Vergleichung der mittlern Druckhöhen.

Um einen sichern Anhaltspunkt für den Grad der vorhandenen Energie des Herzens zu erhalten, hatten wir so oft als möglich, *A. pulmonalis* und *carotis sinistra* gleichzeitig dem Versuche unterworfen.

Es lohnt sich nun der Mühe, auch beiden gleichzeitigen Beobachtungen eine Betrachtung zu widmen, weil aus den durch dieselben gefundenen Zahlen ohne weiteres ein Schluss gezogen werden kann auf das Verhältniss desjenigen Antheils der von beiden Herzkammern entwickelten Kräfte, welche zur Bewerkstelligung des Kreislaufes verwendet werden.

Eine Vorstellung von der ganzen Kraft zu gewinnen, welche die Gesamtmuskulatur einer der beiden Kammern

entwickelt, liegt ausser dem Bereiche der Möglichkeit. Um dazu zu gelangen, müsste man wissen, wie die Kraft mit der Vergrösserung des Muskelquerschnittes wächst, welches in unserm besondern Falle die Richtung und Stärke der Endresultirenden im Herzen sei, und wie sie sich aus ihren Componenten, deren Grösse ebenfalls bekannt sein musste, zusammensetze etc. etc. Jedermann weiss, dass diess nicht geht, und dass man wohl für immer auf eine solche Bestimmung der Herzkraft verzichten müsse. Man erhält aus unsern Beobachtungen aber auch nicht einmal eine Vorstellung von dem Antheil der im Herzen entwickelten Kräfte, welcher auf das Blut des Herzinhaltes wirkt, und zwar weder von seiner absoluten Grösse, noch von dem Verhältniss, welches zwischen den Wirkungen beider Ventrikel besteht. Um die Gesamtkraft, welche das Herz dem Blute mittheilt, zu kennen, müssen wir wissen:

1. wie viel Blut im Herzen ( $M$ ),
2. wie lange der Zeitraum dauert, in welchem das Herz dem Blut lebendige Kraft mittheilt ( $t$ ), und
3. zu welcher Höhe das Herz das Blut zu heben im Stande ist ( $h$ ).

Man würde dann, wie bekannt,  $Mth$  als Antwort für den verlangten Ausdruck gewonnen haben. Wie erwähnt, ist aber die Bestimmung der drei Grössen nicht möglich. Denn gehen wir nun zur Betrachtung des Kreislaufes über, so wissen wir:

1. dass ein Theil des Blutes im Herzen während jeder Contraction zurückbleibt, und ein anderer austritt;  $M$  kann also in  $M'$  und  $m'$  zerfällt gedacht werden, wo alsdann  $M'$  den austretenden und  $m'$  den restirenden Blutantheil bedeutet;
2. es ist uns bekannt, dass  $H$  in drei Theile zerfällt; in ei-

nen Theil  $H'$ , welcher zur Ueberwindung des Widerstandes an der Herzmündung und  $H''$ , welcher zur Ueberwindung der Widerstände in den Gefässen selbst, und endlich einen  $h'$ , welcher zur Erzielung der Geschwindigkeit des Blutstroms verwendet wird.

Unter diesen Bedingungen gestaltet sich unser Produkt folgendermassen:  $(M' + m')(H'' + H' + h)t$ , oder besser geschrieben:  $[(M' + m')H' + (H'' + h')m' + (H'' + h')M']t$ . Ueber den Werth der beiden ersten Glieder in der Klammer lässt sich gar nichts aussagen. Anders verhält es sich mit  $[H'' + h']M'$ . Der absolute Werth dieses Ausdruckes kann aus unsern Beobachtungen zwar ebenfalls nicht gewonnen werden, wohl aber das Verhältniss der Werthe beider Ventrikel, wenn zwei gleichzeitige Beobachtungen von  $(H'' + h')$  vorliegen. Nennen wir  $(H'' + h')M't$  die von den Bewegungen des rechten Herzens dem Blutstrom wirklich zukommenden Kraftantheile, und  $(H_{,,} + h_{,})M_{,}t$  die gleichen des linken, so bemerken wir bald, dass diess Verhältniss  $\frac{(H'' + h')M't}{(H_{,,} + h_{,})M_{,}t}$  in  $\frac{H'' + h'}{H_{,,} + h_{,}}$  übergeht. Und zwar darum, weil es eine Fundamentalbedingung des Kreislaufs ist, dass in gleichen Zeiten durch die Aorta und die *art. pulmonalis* gleichviel Blut strömen muss, und weil zweitens erfahrungsgemäss sich der rechte und linke Ventrikel gleichzeitig zusammenziehen.

Erinnert man sich unsrer Untersuchungsmethode, so wird man wissen, dass unsre Zahlen annähernd den Werth  $H'' + h'$  und  $H_{,,} + h_{,}$  liefern. Wir sagen annähernd, weil behauptet werden muss, dass der ganze Werth des jeweiligen  $H'' + h'$  nur dann gefunden wird, wenn man die Canüle in die *sin. valsalvae* der entsprechenden Ader setzt und diese während des Herzschlages verschlossen hält. Unsre Versuche geben dem-

gemäss nur über das Verhältniss von Strom und Seitendruck in *carotis sinistra* und *Pulmonalis sinistra* Aufschluss. Die hier gewonnenen Zahlen darf man aber wohl ohne grossen Fehler für das ganze  $H$  in Aorta und Pulmonalis setzen. Und dieses darum, weil erstens was die Carotis anbelangt, die Stromkraft gegen die Seitendruckkraft überhaupt in dem Körperkreislauf fast verschwindet, die Differenz zwischen beiden Stromkräften in der Aorta und Carotis also gewiss als verschwindend angenommen werden kann; und weil wir bei der Art des Einsatzes der Canüle in die Carotis den Seitendruck des Aortenbogens gemessen haben. Die Differenz des Seitendrucks zwischen der in Aortenbogen und der in *Sinus valsalvae* dürfte aber auch als verschwindend angesehen werden, in Anbetracht dessen, dass die wesentlichen Widerstände des Blutlaufs ausserhalb und zwar weit hinter den hier besprochenen Orten gelegen sind. — Noch günstiger gestalten sich die Betrachtungen für die *A. pulmonalis*. Wir haben hier wahrscheinlich den ganzen Werth von  $H + h$  erhalten in Anbetracht dessen, dass wir nahe an das Herz gedrungen sind und zugleich den Stromdruck in einer Hälfte des Systems gewonnen haben, der wahrscheinlich an der linken Seite so gross als in der rechten resp. als der im Stamme sein wird.

Eine andere Frage dagegen ist es, ob unsre Beobachtungen ohne Weiteres die normale Verhältnisszahl für die geschlossene Brusthöhle und für den Kreislauf durch beide Lungen angeben. Soweit aus allgemeinen Principien ein Schluss erlaubt ist, kann mit Sicherheit behauptet werden, dass das für den Lungenkreislauf gefundene  $H$  relativ wohl bemerkenswerth zu gross und das für den Körperkreislauf gefundene relativ um ein wenig zu niedrig ausgefallen sei, wie ohne weiteres einleuchtet, wenn man erwägt, dass die Widerstände,

die durch die Untersuchungsmethode in den Lungenkreislauf eingeführt sind, das H bedeutend gesteigert haben im Vergleich zu denen, welche im Körperkreislauf durch Unterbrechung des Stromes in einer *Arteria mammaria* und *Arteria carotis* abnormer Weise entstanden. Die Grösse dieses Fehlers zu schätzen, liegt ausser dem Bereich der Möglichkeit; es muss seine Aufdeckung zukünftigen Untersuchungen überlassen bleiben.

Wir lassen nun die gleichzeitig gewonnenen mittleren Zahlen folgen. Die Anführungszahlen der Versuche an demselben Thiere bedeuten die zeitliche Folge, in der sie gewonnen sind.

Vergleichung der Resultate an der *Arteria pulmonalis*  
und *Arteria carotis*.

	Zeitdauer eines Versuchs in Sekunden.	Mittlere Druckhöhe.		Bemerkungen.
		<i>Arteria carotis.</i>	<i>Art. pulmonalis.</i>	
A. Kaninchen.				
1tes Kaninch.	46,2	50,6	10,0 1 : 5,0	} 1:4,2 nervi vagi durchschnitten.
2tes „	22,1	86,1	15,6 1 : 5,5	
3tes „	20,6	34,9	17,5 1 : 2,0	
4tes „	33,3	61,4	14,7 1 : 4,2	
B. Katzen.				
1te Katze	22,1	98,8	(30,6 1 : 3,2)	} 1:5,3 nervi vagi durchschnitten. Thier am Absterben.
		11,9	85,9	
2te Katze	36,5	63,5	19,0 1 : 3,3	} 1:5,3 Willkürliches Unter- lassen und Wiederbe- ginnen der Respira- tionsbewegungen.
		51,6	77,2	
3te Katze	71,4	115,8	15,1 1 : 7,6	} 1:5,3 Nervi vagi durchschnitten
		34,6	108,9	
4te Katze	36,0	66,7	15,4 1 : 4,3	} 1:5,3 Nervi vagi durchschnitten.
		26,2	53,1	
5te Katze	58,0	68,6	18,1 1 : 3,8	} 1:5,3 Während des Abster- bens des Thieres.
		65,4	71,5	
	68,8	39,2	7,5 1 : 5,2	
C. Hund.				
	61,2	81,4	28,5 1 : 2,9	
	42,5	88,4	27,2 1 : 3,2	

\*) Der hohe Stand dieser Curve rührt von heftigen Athemkrämpfen her, wesshalb diese Curve, sowie die letzte Curve der 5ten Katze zu Bestimmung einer allgemeinen mittleren Höhe nicht benutzt werden konnten.

Die vorliegende Tabelle zeigt also:

1. Dass die mittlere Verhältnisszahl bei Kaninchen und Katzen etwas höher ist, als beim Hund.

2. Dass die Verhältnisszahl bei einem und demselben Thiere von einem Versuche bis zum andern beträchtlichen Schwankungen unterworfen ist. Diese Thatsache steht mit den von Hering gefundenen in Uebereinstimmung.

Betrachten wir die Abweichungen, welche in den Verhältnisszahlen beobachtet werden, so stellt es sich heraus, dass in den meisten Fällen die frühern, also wahrscheinlich zur Zeit unversehrterer Herzkräfte gewonnenen Zahlen für die vom rechten Ventrikel ausgehende Kraft ein günstigeres Verhältniss bieten, als die späteren.

1te Katze	1te Curve	= 1 : 3,2
	2te Curve	= 1 : 6,3
2te Katze	1te Curve	= 1 : 3,3
	2te Curve	= 1 : 5,8
3te Katze	1te Curve	= 1 : 7,6
	2te Curve	= 1 : 8,5
5te Katze	1te Curve	= 1 : 3,7
	2te Curve	= 1 : 5,2
Hund	1te Curve	= 1 : 2,9
	2te Curve	= 1 : 3,2

Die Abweichung ist so beträchtlich, dass sie in keiner Weise bei unserer genauen Messungsmethode von einem Beobachtungsfehler herrühren kann. Die Veränderung der Verhältnisszahl rührt nun, wie unsere Tabelle durchgreifend zeigt, daher, dass in den spätern Curven die rechte Herzkraft sich bedeutender abschwächt, als die linke. Denn es ergibt sich, dass sie schon im rechten Herzen im Sinken begriffen ist, während die linke Kammer entweder noch ihre volle Kraft oder sogar noch eine Steigerung von der ersten zur zweiten Curve bietet. Sinkt

aber endlich auch die Kraft des linken Herzens, so sehen wir die des rechten noch rascher abnehmen. Woher dieses rasche Sinken der Kraft des rechten Herzens rühre, lässt sich aus unsern Beobachtungen begreiflich nicht ermitteln. Möglich, dass das linke Herz sich weniger leicht abkühlt, wegen seiner dickern Muskelmasse; möglich, dass sich normal im rechten Herzen eine Constitution der Elementartheile findet, welche überhaupt eine geringere mechanische Leistungsfähigkeit seiner Muskeln möglich macht. Auf einen solchen Gedanken wird man geführt, wenn man öfter absterbende Herzen untersucht hat, wobei es sich zeigt, dass das rechte Herz die Fähigkeit sich zusammenzuziehen, länger bewahrt, als das linke. Diese Erscheinung erinnert an die von du Bois dargestellten Curven des Erlöschens der sogenannten Reizbarkeit, wonach ebenfalls, der reizbare, oder wie man sich auch ausdrückt, der kräftigere Muskel rascher seine Reizbarkeit einbüsst, als der weniger reizbare.

Diese Schwankungen der Verhältnisszahlen führen noch zu einer andern interessanten Frage; zu der nemlich, wie es unter diesen Umständen möglich sei, dass die Grundbedingungen des Blutkreislaufs überhaupt, dass die Masse des strömenden Bluts  $M'$  für beide Abschnitte desselben gleich sei, erfüllt werde? Es lassen sich ganz allgemein zwei Möglichkeiten bei der eigenthümlichen Einrichtung der Kreislauforgane denken. Entweder  $M$  ist zu allen Zeiten gleich, oder es finden alternirende Schwankungen statt, so dass in gewisser Zeit das  $M$  auf der einen Seite das auf der andern in Folge abwechselnd überwiegender Herzkräfte überwiegt, die Summe des  $M$  aber in einer gegebenen Zeit beiderseits gleich gross ist. Der Möglichkeit einer solchen Annahme steht in der That nichts entgegen. Wir wissen aus unsern und aus andern Thatsachen, dass die vermitteltst der Zusammenziehung

entwickelten Kräfte auf beiden Seiten unabhängig von einander sind, und dass ausserdem mit den Widerständen, die sich dem Kreislauf darbieten, die für denselben entwickelten Kräfte wachsen, weil die dadurch herbeigeführte Blutanfüllung des Herzens selbst als Erregungsmittel wirkt. Bei der grossen Geschwindigkeit des Blutstroms, die im Verhältniss zu der Räumlichkeit des Gefässsystems besteht, müsste aber ein solcher Periodenwechsel sehr rasch stattfinden, wenn nach wenigen Minuten überhaupt noch ein Kreislauf bestehen sollte. Da nun aber unsere Beobachtungen gar nichts von solchen Perioden zeigen, im Gegentheil eine Veränderung des Verhältnisses nach einer Richtung bei demselben Thiere, während mehrerer Beobachtungen, die  $\frac{1}{4}$  Stunde auseinanderliegen, eintrat, so muss man von dieser Hypothese absehen, und zu der früheren Behauptung zurückkehren, dass  $M$  für beide Ventrikel zu allen Zeiten dasselbe ist.

Diese Annahme schliesst aber bei den gegebenen Umständen die sonderbare Behauptung in sich, dass in demselben Röhrensystem und beim Strömen derselben Flüssigkeit die Geschwindigkeit gleich bleiben, oder sogar zunehmen kann, trotz dem, dass der Seitendruck abnahm. Betrachten wir statt aller den öfters von uns beobachteten Fall, dass  $H + h$  in der Carotis gleich bleibt, während es in der Pulmonalis abnimmt, so muss offenbar beim Bestehen obiger Bedingungen die Abnahme von  $H' + h$  in der Pulmonalis auf  $H'$  oder die Widerstandshöhe fallen. Nimmt aber die Widerstandshöhe oder was dasselbe, der Seitendruck ab, so wird in Anbetracht der elastischen Eigenthümlichkeiten unserer Stromröhren, die *Arteria pulmonalis* sich noch verengern, und damit das  $h$  oder die Geschwindigkeitshöhe noch zunehmen müssen, so dass mit zunehmendem  $h$  der Widerstand in beträchtlicher Abnahme begriffen ist.

Hält man dieses Resultat mit den von Volkmann gewonnenen zusammen, so ergibt sich ein ganz auffallender Widerspruch, indem durch seine ebenso mühsamen als ausgezeichneten Untersuchungen erwiesen ist, dass in demselben Rohr mit Zunahme der Geschwindigkeit auch der Widerstand im Wachsen begriffen ist. Zur Ausgleichung dieses Widerspruchs bleibt keine andere Möglichkeit offen, als die, dass sich die Stromröhre selbst derartig verändert habe, dass der sogenannte Widerstandscoefficient vermindert sei. Theoretisch steht nun in der That dieser Annahme nichts entgegen. Um dieses zur Einsicht zu bringen, bedarf es nur einen Blick auf die Fundamentalformel deren Gültigkeit für den Kreislauf erwiesen ist. Diese heisst, wenn  $w$  den Widerstand und  $v$  die Geschwindigkeit bedeutet,  $w = \alpha v^2 + \beta v$ . Substituiren wir in diese Formel die von uns gebrauchten Bezeichnungen, wonach  $H = w$ ,  $v^2 = 4gh$ , wovon  $h$  die Geschwindigkeitshöhe und  $g$  die Intensität der Schwere bedeutet, so gewinnt sie die Form  $H = \alpha 4gh + \beta \sqrt{4gh}$ . Es ist hieraus selbst verständlich, dass  $H$  sich ebensowohl durch die Variablen  $\alpha$  und  $\beta$  als durch  $h$  und  $\sqrt{h}$  ändern kann. Die Variablen  $\alpha$  und  $\beta$  bedeuten nun ausser den Reibungs- und Cohäsionscoefficienten der Flüssigkeit auch Winkel und Reibungsfläche der Röhre. In unserm Fall hängt nun die Reibungsfläche von dem Elastizitätscoefficienten der Röhrenmembran und dem Seitendruckwerth der Flüssigkeit ab. Da nun der Widerstand einer Röhre nicht umgekehrt proportional ihrem Durchmesser, sondern umgekehrt proportional von Potenzen desselben geht, so ist einleuchtend, dass es nur geringer Veränderungen derselben bedarf, um eine ganz auffallende Verminderung des Widerstandes herbeizuführen. Unser oben erwähntes Resultat, wonach bei geringerem Widerstand gleiche Geschwindigkeit bestehen sollte, ist demnach nicht mehr ungereimt, wenn es gelingt, noch ei-

nen Umstand zu zeigen, aus dem die Möglichkeit einer Erweiterung der Capillaren einleuchtet. Diese Möglichkeit liegt aber vielleicht gerade in dem im Beginn unserer Versuche erhöhten Seitendruck; durch welchen die Gefässe nicht allein momentan ausgespannt, sondern auch in Folge eintretender Reckung dauernd erweitert werden.

Dem aufmerksamen Leser wird es nicht entgehen, dass diese Auseinandersetzung von uns selbst nicht für eine wirkliche, sondern nur für eine mögliche Lösung des Problems gehalten wird.

Schliesslich bleibt auch noch die Möglichkeit offen, dass diese Veränderung in den Verhältnissen der Druckkräfte beider Ventrikel eine Todesursache abgibt, indem in der That die oben erwähnte Fundamentalbedingung eines physiologischen Kreislaufs nicht vollkommen erfüllt wird. Unter dieser Voraussetzung würde es wie natürlich zu einer beträchtlichen Anhäufung des Blutes in den Venen des Körperkreislaufs und zu einer Anfüllung des rechten Vorhofs kommen, während der linke Vorhof zusammengefallen sein müsste. Wir haben in Ermangelung einer irgend auch nur annähernd sichern Schätzungsmethode unser Augenmerk nicht auf diesen Punkt gerichtet.

Unsere Tafel zeigt endlich auch noch, dass das Verhältniss der zum Kreislauf verwendeten Herzkräfte bei verschiedenen Thieren derselben Art und bei annähernder Grösse und Ausbildung der verschiedenen Individuen sehr verschieden ausfällt. Diese Thatsache trägt in sich keinen Widerspruch. Sie ist nicht auffallender als die Erscheinung so vieler Schwankungen physiologischer Prozesse, welche wir in der Thierwelt gewahren. Kaum dürfte noch bemerkt werden, dass sie auch dann nichts Widersinniges habe, wenn selbst nach der Behauptung von Valentin die Verhältnisse, welche zwischen den

Gewichten der von der Scheidewand abgewendeten Wandungen der Ventrikel bestehen, bei verschiedenen Thieren konstant sind; denn wir wissen, dass die Resultirende eines Muskels nach einer bestimmten Richtung noch von vielen andern Umständen abhängig ist, als von seinem Querschnitt. Wir verzichten hier darauf, die vielen Möglichkeiten der Erklärung auszumalen.

b. Vergleichung der gleichzeitigen Abweichungen der Drücke in der *arteria carotis* und *pulmonalis* von ihrem mittlern Werthe.

Zum Schluss theilen wir noch eine Vergleichung der Abweichungen der Drücke mit, welche das Blut in den beiden von uns untersuchten Arterien zeigt. Wir bemerken, dass sich diese Vergleichung nicht auf den mittlern Werth der Abweichungen, sondern nur auf das Maximum derselben bezieht. Schon diese weniger genaue Art der Vergleichung zeigt, dass wir 1) gleichsinnige und 2) entgegensinnige Schwankungen in beiden Adern gleichzeitig beobachten. Dieses Resultat, das wir anderwärts noch genauer würdigen werden, erklärt sich leicht, wenn man bedenkt, dass 1) die Ventrikularkontraktionen beiderseits zum Theil unabhängig von einander sind und dass 2) auf die Herzkräfte auch noch auf jeder Bahn andere Hilfskräfte einwirken, welche für beide keineswegs identisch sind.

aa. Kaninchen.

Erstes Kaninchen. Mittlere Druckhöhe: *A. carot.* 50,6 Mm. *A. pulm.* 10,0 Mm. Im Anfange steigen beide Curven gleichmässig gegen das Mittel; alsdann übersteigt die *A. carotis* das Mittel um 3,3 Mm., während die *A. pulm.* durch 5,0 Sekunden um 3 Mm. sinkt; jedoch beginnt das Sinken erst da, wo die *A. carotis* ihr Maximum überschritten hat. Hierauf bleibt die *A. carotis* unter dem Mittel, während die *A. pulm.* das-

selbe erreicht, dann schwanken beide Curven über dem Mittel und zwar gleichzeitig, die *A. carot.* mit 4, die *A. pulm.* mit 3,8 Mm. während 14,6 Sekunden.

Zweites Kaninchen. Mittlere Druckhöhe: *A. carot.* 86,1; *A. pulm.* 15,6 Mm. Beide Curven schwanken mit dazwischenliegenden Blasbalgbewegungen auf dem Mittel, gehen über und sinken unter dasselbe. Tiefster Stand unter dem Mittel bei der *A. carot.* 7,5; bei der *A. pulm.* 2 Mm.; höchster Stand für letztere 1, für erstere 3,5 Mm.

Drittes Kaninchen. Mittlere Druckhöhe: *A. carot.* 34,9, *A. pulm.* 17,5. In allen Stücken herrscht bei beiden Curven die grösste Harmonie. Auffallend ist nur die niedere Verhältnisszahl.

Viertes Kaninchen. Mittlere Druckhöhe: *A. carot.* 61,4; *A. pulm.* 14,7 Mm. Die *A. pulm.* hält sich mit kleinen Schwankungen, die ihr Maximum bei 1 Mm. erreichen, um das Mittel auf.

Die *A. carot.* bleibt in ihrer ersten Hälfte während 12 Sekunden um mehrere Mm. über dem Mittel, und sinkt dann mit Schwankungen, die nur einmal das Mittel erreichen, unter dasselbe.

Ein sehr genauer Vergleich scheint zu zeigen, dass auch die letzte Hälfte der *A. pulm.* im Mittel um ein Geringes niedriger steht, als die erste.

#### bb. Katzen.

Erste Katze. Mittlere Druckhöhe: *A. carot.* 98,8; *A. pulm.* 30,6. Diese Curve wurde während heftigen Athemkrämpfen erhalten. Beide Curven bleiben gleichmässig unter dem Mittel während 13,6 Sekunden, die *A. carot.* einmal bis zu 6, die *A. pulm.* einmal bis zu 7 Mm.; alsdann erheben sich beide gleichmässig über das Mittel während 8,5 Sekunden, die *A. carot.* bis zu 20, die *A. pulm.* bis zu 5 Mm.

Zweite Katze. 1te Curve; mittlere Druckhöhe: *A. carot.* 63,5; *A. pulm.* 19,0 Mm. Die *A. carot.* bleibt während 9,5 Sekunden unter dem Mittel bis zu 11 Mm., übersteigt dann dasselbe während 13,8 Sekunden bis zu 22 Mm., fällt nochmals darunter während 5,3 Sekunden mit 2—4 Mm., und übersteigt das Mittel während 2 Sekunden bis zu 6 Mm. Die *A. pulm.* bleibt während 3,9 Sekunden unter dem Mittel, erhebt sich einmal über das Mittel und kehrt wieder zu demselben zurück während 5,1 Sekunden, erhält sich dann entsprechend der *A. carot.* während 13,4 Sekunden über dem Mittel und bleibt dann während 10 Sekunden mit Schwankungen auf dem Mittel.

2te Curve; mittlere Druckhöhe: *A. carot.* 77,2; *A. pulm.* 13,3 Mm. *A. carot.* bleibt während 3,5 Sekunden über dem Mittel mit 4 Mm., sinkt unter dasselbe während 19,7 Sekunden bis zu 17 Mm., erhebt sich über dasselbe während 20,4 Sekunden bis zu 22 Mm. und sinkt nochmals darunter während 6,4 Sekunden bis zu 6 Mm. *A. pulm.* bleibt während 3,5 Sekunden über dem Mittel mit 1 Mm., erhält sich alsdann während 25,3 Sekunden auf dem Mittel, fällt während 9,5 Sekunden unter dasselbe mit 1,8 Mm. und steigt dann wieder darüber während 11,9 Sekunden mit 2 Mm.

Dritte Katze. 1te Curve; mittlere Druckhöhe *A. carot.* 115,8; *A. pulm.* 15,1 Mm. Die *A. carot.* bleibt während 22,4 Sekunden unter dem Mittel, einmal bis zu 32 Mm., erhält sich dann mit 2 sich ausgleichenden Schwankungen während 9,1 Sekunden auf demselben, und bleibt alsdann konstant über demselben während 40,4 Sekunden. Die *A. pulm.* bleibt während 22,4 Sekunden unter dem Mittel, übersteigt dasselbe während 23,8 Sekunden, und hält sich mit Schwankungen auf demselben während 29,2 Sekunden.

Vierte Katze. Mittlere Druckhöhe der 1ten Curve: *A. carot.* 66,7; *A. pulm.* 15,4 Mm.

2te Curve: *A. carot.* 53,1; *A. pulm.* 13,7 Mm.

In beiden Curven halten sich *A. carot.* und *A. pulm.* mit gleichmässigen sich entsprechenden Schwankungen auf dem Mittel.

Fünfte Katze. 1te Curve; mittlere Druckhöhe: *A. carot.* 68,6; *A. pulm.* 18,1 Mm. Beide Curven erhalten sich mit gleichmässigen sich entsprechenden Schwankungen auf der mittlern Höhe.

2te Curve; mittlere Druckhöhe: *A. carot.* 71,5; *A. pulm.* 19,0 Mm. Die Curve der *A. pulm.* erhält sich konstant mit gleichmässigen Schwankungen auf dem Mittel; während die *A. carot.* in der ersten Hälfte über, in der zweiten Hälfte unter dem Mittel bleibt.

3te Curve; mittlere Druckhöhe: *A. carot.* 39,2; *A. pulm.* 7,5 Mm. Beide Curven halten sich mit gleichmässigen Schwankungen auf dem Mittel.

cc. Hund.

1te Curve; mittlere Druckhöhe: *A. carot.* 81,4; *A. pulm.* 28,5 Mm. Die *A. pulm.* erhält sich ziemlich gleichmässig auf der mittlern Höhe; die *A. carot.* bleibt während 32,3 Sekunden unter dem Mittel, übersteigt dasselbe während 1,7 Sekunden, sinkt darunter während 9,3 Sekunden, und bleibt dann über dem Mittel während 17,8 Sekunden.

2te Curve; mittlere Druckhöhe: *A. carot.* 88,4; *A. pulm.* 27,2 Mm. Die *A. carot.* bleibt während 27,2 Sekunden über dem Mittel, ebenso die *A. pulm.*, doch nur während 24,6 Sekunden; die *A. carot.* bleibt dann während 15,6 Sekunden unter dem Mittel, während die *A. pulm.* während 18,1 Sekunden bedeutend mehr unter dem Mittel schwankt, als über demselben.



## Erklärung der Kupfertafel.

---

Fig. I. Arteria pulmonalis der Katze. AA' mittlere Druckhöhe; a—b Blasbalgbewegungen, b—c Herzschläge nach Aufhören der Blasbalgbewegungen, d—e Herzschläge mit sehr langsamen Blasbalgbewegungen.

Fig. II. Art. pulm. der Katze. A, Abscissenlinie, BB' mittlere Druckhöhe; a—b Blasbalgbewegungen, b—c Herzschläge nach Aufhören der Blasbalgbewegungen, c—d Blasbalgbewegungen, d—e Herzschläge mit ganz langsamen Blasbalgbewegungen.

CDE Gleichzeitige ganz entsprechende Blasbalgcurve.

Fig. III. A. Pulmonalis der Katze. A Abscissenlinie, BB' mittl. Druckhöhe, 1, 2, 3 u. s. w. Respirationsbewegungen des Thiers, a, b, c, d und a', b', c', d etc. Respirationsbewegungen des Blasebalges.

Fig. IV. A. pulm. und A. carotis der Katze. A. Abscissenlinie, B Pulmonaliscurve, dd' mittlere Druckhöhe der Pulmonaliscurve, C Carotiscurve, ee' mittlere Druckhöhe der A. carotis.

Fig. V. A. pulm. und A. carotis der Katze. A Abscissenlinie, B Pulmonaliscurve, dd' mittlere Druckhöhe derselben, C Carotiscurve, ee' mittlere Druckhöhe derselben.

---

## T h e s e s.

---

1. Die haemostatischen Vorgänge in der Entzündung hängen von einer Verengerung der kleinen Arterien ab.
  2. Eiweiss ist ein Gemenge, aber keine chemische Verbindung.
  3. Die Zuckerdyskrasie ist eine Nervenkrankheit.
  4. Zellenbildung und Krystallisation sind weder identisch noch in irgend einer Weise analog.
  5. Die Schwangerschaftsperiode erzeugt nicht allein einen Foetus, sondern auch einen neuen Uterus.
  6. Varicocele ist die Folge einer Lähmung des Cremasters.
  7. Chloroform ersetzt den Bruchschnitt.
-

Fig. I.

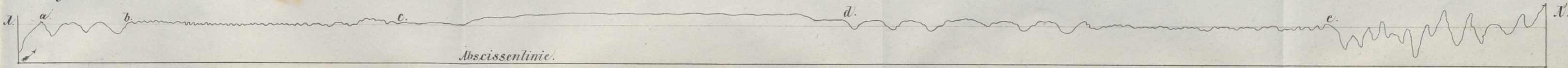


Fig. II

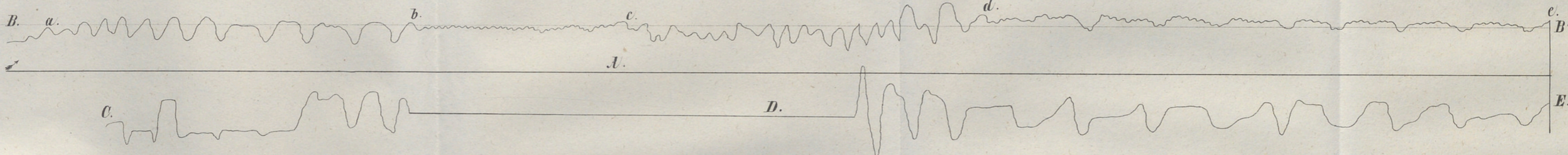


Fig. III

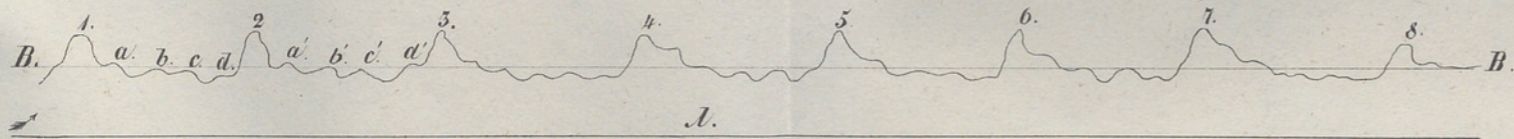


Fig. IV.

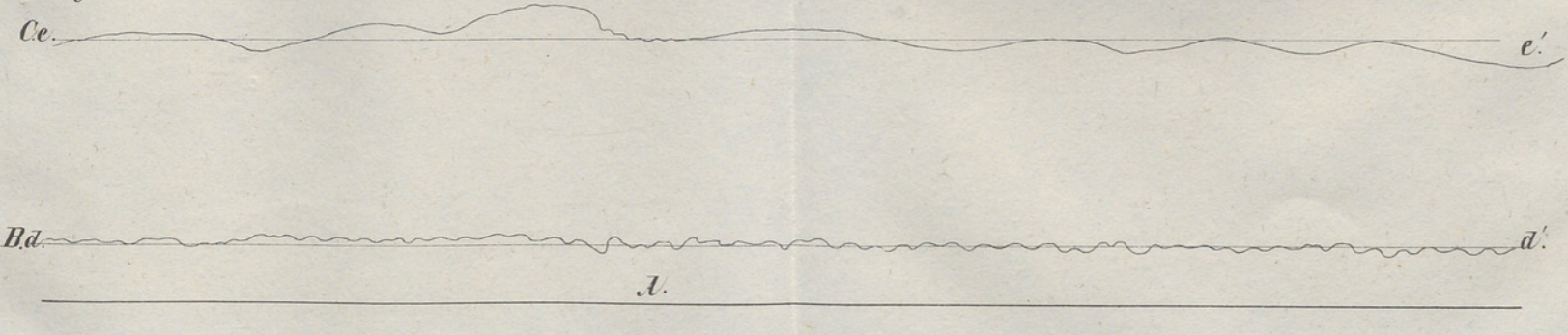


Fig. V.

