

XV.

Theoretische und experimentelle Untersuchungen über die künstliche Athmung Erwachsener.

Von Dr. Anton Brosch,

Prosector des militär-anatomischen Instituts in Wien.

(Mit 3 Abbildungen im Text.)

I. Die künstliche Athmung als lebensrettende Operation.

Die künstliche Athmung gehört zu den lebensrettenden Operationen, d. h. zu jenen Hülfeleistungen, durch deren sachgemässe und zweckentsprechende Ausführung nicht selten das Leben eines Menschen erhalten werden kann, der sonst einem sicheren Tode verfallen ist.

Diese lebensrettende Operation ist nicht beschränkt auf einen bestimmten Krankheitsfall, auf Alter oder Geschlecht. Sie kann mit ihrer segensreichen Wirkung jedem zu Theil werden, dem neugeborenen Kinde so gut, wie dem Greise bei den mannichfachsten Zufällen. Am häufigsten wurde die künstliche Athmung angewendet und empfohlen zur Wiederbelebung asphyktischer Neugeborener [Schultze¹⁾ Mattei²⁾, Bain³⁾, Stempelmann⁴⁾, Weidemann⁵⁾, Pacini⁶⁾,

¹⁾ Schultze, B. S., Ueber die beste Methode der Wiederbelebung scheinodt geborner Kinder. Jen. Zeitschr. f. Med. u. Naturwissensch. Leipzig 1866.

²⁾ Mattei, Nouveau moyen de fair respirer les enfants qui naissent en état de mort apparente. Bull. de l'Acad. de Paris. XXXII. p. 433.

³⁾ Bain, W. P., On a new and simple method of inducing artificial respiration in cases of asphyxia from drowning, strangulation, chloroform, poisonous gases etc. Med. Times and Gazette. 1868. Dec. 19.

⁴⁾ Stempelmann, H., Kritisches und Experimentelles über das Luft-einblasen zur Wiederbelebung asphyktischer Neugeborener. Monatshefte für Geburtsk. XXVIII. S. 184.

⁵⁾ Weidemann, E., Der Scheintod der Neugeborenen und seine Behandlung. Würzburger Diss. Meiningen 1866.

⁶⁾ Pacini, Ph., Nouvelle méthode de respiration artificielle dans le traite-

Byrd¹⁾, Mattison²⁾, Forest³⁾, Lahs⁴⁾, Bertin⁵⁾, Loewenhardt⁶⁾, Schröder⁷⁾, Schauta⁸⁾, Behm⁹⁾, Torggler¹⁰⁾, Waterman¹¹⁾, Skutsch¹²⁾, Champneys¹³⁾, Nobiling¹⁴⁾,

ment de l'asphyxie comparée aux autres méthodes généralement employées. Journ. de méd. de Bruxelles. 1871. Sept. p. 205.

- 1) Byrd, H. C., A „speedy method“ in asphyxia. New York med. Record. 1875. July 31.
- 2) Mattison, J. B., On easily effectual method of artificial respiration. New York med. Record. 1875. June 12.
- 3) Forest, W. E., Resuscitation of an infant after a long period of asphyxia. New York med. Record. 1879. Dec. 20.
- 4) Lahs, H., Vorträge und Abhandlungen zur Torologie und Gynäkologie. — Durch welche Methode der künstlichen Athmung werden in den Lungen asphyktischer Neugeborener die grössten Luftmengen ein- und ausgeführt? Archiv für Gynäkol. Bd. 26. H. 2.
- 5) Bertin, J. O., De l'insufflation pulmonaire chez l'enfant à l'état de mort apparente. Thèse de Paris. 1876.
- 6) Loewenhardt, S. E., Prenzlau 1843. Citirt in der Monatsschr. für Geburtsk. XXX. S. 205. (Ueber einen Apparat zur Katheterisation der Luftröhre und Luftinhalation bei asphyktischen Neugeborenen.)
- 7) Schröder, Lehrb. der Geburtsh. 11. Aufl. S. 782.
- 8) Schauta, F., Experimentelle Studien über den Effekt der Schultze'schen Schwingungen. Wiener med. Bl. 1884. No. 29, 30.
- 9) Behm, C., Die verschiedenen Methoden der künstlichen Athmung bei asphyktischen Neugeborenen. Tübinger Inaugural-Dissertation. Stuttgart 1879.
- 10) Torggler, F., Experimentelle Studien über den Werth der verschiedenen Methoden der künstlichen Athmung bei asphyktischen Neugeborenen. Wiener med. Bl. 1885. No. 8 u. ff.
- 11) Watermann, R., Revivification. New York med. Record. 1883. March 3.
- 12) Skutsch, F., Zur Frage über den Effekt der Schultze'schen Schwingungen für die Wiederbelebung scheinotdter Neugeborener. Deutsche Medicinalztg. 1886. No. 1.
- 13) Champneys, F. H., On artificial respiration in stillborn children. Brit. med. Journ., March 15, and Med. Transact. Vol. 67. — On some points in the practice of artificial respiration in cases of stillbirth and of apparent death after tracheotomy. Americ. Journ. of med. sc. 1886. April.
- 14) Nobiling, A., Ueber den Erfolg Schultze'scher Schwingungen und anderer Methoden der Respiration an todtgeborenen reifen Kindern und Föten. Wiener med. Wochenschr. 1885. No. 8.

Mekertschiantz¹⁾], bei Erhängten²⁾ [Taylor³⁾, Ehrle⁴⁾], bei Ertrunkenen [Howard⁵⁾, Geipel⁶⁾, Zander⁷⁾], bei Chloroformtod [Poore⁸⁾, Böhm⁹⁾, Bain¹⁰⁾], bei Vergiftungen durch Kalisalze [Böhm⁹⁾], Physostigmin und Herzgifte überhaupt [Tachan¹¹⁾], bei Opiumvergiftung [Vanderbury¹²⁾], Morphiump Vergiftung [Fell¹³⁾, Vorhees¹⁴⁾], bei Carbolsäurevergiftung [Amat¹⁵⁾], ferner bei

¹⁾ Mekertschiantz, M., Ueber Combination einiger Methoden zur Wiederbelebung asphyktischer Neugeborener. St. Petersburg. med. Wochenschr. 1880. No. 20.

²⁾ Resuscitation in cases of suspended animation by hanging. The Lancet. 1871. July 15.

³⁾ Taylor, J., Case of recovery from hanging with remarks. Glasgow med. Journ. 1880. Nov. p. 387.

⁴⁾ Ehrle, Drei Fälle von Wiederbelebung nach Suspension. Württemb. Correspondenzbl. 1896. No. 35. (LXVI.)

⁵⁾ Howard, B., The more usual methods of artificial respiration. With demonstrations of the „direct method“ of the author. The Lancet. 1877. August 11. p. 194.

⁶⁾ Geipel, Anwendung des pneumatischen Apparates von Fraenkel bei der Wiederbelebung eines durch Ertrinken scheinodt gefundenen Kindes. Berl. klin. Wochenschr. 1878. No. 6.

⁷⁾ Zander, Ueber die Anwendbarkeit des Schultze'schen Handgriffes bei Ertrunkenen. Deutsche med. Wochenschr. 1878. No. 23.

⁸⁾ Poore, G. Vivian, Clinical remarks on chloroform and its administration. The Lancet. 1872. Oct. 12, 26. Dec. 14.

⁹⁾ Böhm, R., Ueber Wiederbelebung nach Vergiftungen und Asphyxie. Archiv für experim. Pathol. und Pharmak. Bd. 8. (Thierexperimente.)

¹⁰⁾ Bain, l. c.

¹¹⁾ Tachan, Bl. für Staatsarzneikunde. 1866. No. 2.

¹²⁾ Vanderbury, C. R., A devise for forcing respiration with a report of its use in three cases of opium narcosis. New York Record. 1890. Febr. 8.

¹³⁾ Fell, George E., A report of six cases showing its effects on narcotised human subjects and its adaptability in cases of drowning and shock. Med. News. 1888. Dec. 15.

¹⁴⁾ Vorhees, James D., Two cases of morphine poisoning treated principally by forced respiration. New York Rec. 1895. No. 30.

¹⁵⁾ Amat, Louis, De l'irrigation stomacale; son application à la thérapeutique des empoisonnements et considérations sur un empoisonnement par l'acide phénique à haute dose guéri par ce procédé. Rec. de mém. de méd. milit. 1882. 2. p. 185. (Künstliche Athmung durch 3 Stunden, Genesung.)

gewissen Erkrankungen, wie Bronchitis mit Erstickungsanfällen [Jessop¹⁾], Lungenödem [Morpurgo²⁾], Apoplexie [Heusner³⁾], Urämie [Waterman⁴⁾, Brosch⁵⁾], Schlangengift [Fayer⁶⁾], Ptomain (Morchel)-Vergiftung [Permewan⁷⁾, Brosch⁸⁾], endlich auch bei Verunglückung durch Insolation (Hitzschlag).

Es ist einleuchtend, dass es bei dieser Operation nicht so sehr darauf ankommt, dass sie überhaupt, sondern wie sie ausgeführt wird, denn der Erfolg hängt zum grössten Theil von der Art und Weise ab, in welcher die künstliche Athmung gehandhabt wird.

Vor nicht gar langer Zeit⁹⁾ geschah es, dass relativ gute Methoden (Silvester, Pacini) in manchen Ländern durch eine entschieden minderwerthige (Howard) verdrängt wurden. Ein derartiges Ereigniss wurde nur durch den Umstand ermöglicht, dass man die verschiedenen Methoden von rein subjectiven Gesichtspunkten aus beurtheilte. Eine Messung der Werthgrössen der einzelnen Methoden war, obwohl sie diese Streitfrage endgültig entschieden hätte, bisher nur an Kinderleichen oder Föten vorgenommen worden (Champneys, Lahs, Torggler, Behm, Nobiling, Skutsch u. A.).

Ueber die gleichen Verhältnisse bei Erwachsenen, wo ja

- 1) Jessop, Ch. M., Successful case of artificial respiration by the Silvester method. Edinburgh med. Journ. 1869. Spt.
- 2) Morpurgo, Bened., Della respirazione artificiale nel catarro suffocativo. Rivista clinica di Bologna. 1886. 7. (2 Fälle mit gutem Erfolg.)
- 3) Heusner, Ueber einen Fall von lange fortgesetzter künstlicher Athmung. Deutsche med. Wochenschr. 1882. No. 45.
- 4) Waterman, R., New York med. Record. 1883. March 3. (1 Fall von Urämie mit gutem Erfolg.)
- 5) Siehe diese Arbeit Cap. XI.
- 6) Fayer, J., Snake-poisoning in India. Med. Times and Gazette. 1873. Sept. 6 and Nov. 1. (Thierversuche.)
- 7) Permewan, A fatal case of poisoning by mussels, with remarks on the action of the poison, illustrated by two slighter cases occurring at the same time. The Lancet. 1888. Spt. 22.
- 8) Brosch, A., Zur Casuistik der Fischvergiftung. Wiener klin. Wochenschrift. 1896. No. 13.
- 9) im Jahre 1877.

die künstliche Athmung auch sehr häufig als lebensrettende Operation angewendet werden muss, fehlen einschlägige Untersuchungen vollständig¹⁾.

Es wurden dem entsprechend bei den Experimentalversuchen nur jene Methoden berücksichtigt, welche zur Wiederbelebung erwachsener Personen geeignet sind. Unberücksichtigt blieben daher die Methoden von Schultze, Mattei, Bain, Bird, Laborde, Forest, Mattison, Schröder, Schücking und Lahs. Ihrer Umständlichkeit halber wurde auch die Methode von Heyerdahl von den vergleichenden Untersuchungen ausgeschlossen. Als nicht in den Rahmen dieser Arbeit gehörig wurde auch Abstand genommen von allen Methoden der künstlichen Athmung, welche mit instrumentaler Hülfe ausgeführt werden (Methoden nach Savigny, Loewenhardt, Bonnejoy, Richardson, Horvath, Bertin, Lehmann, Ewald, Rosenthal und Bernstein).

Die Experimentalversuche wurden daher beschränkt auf die Methoden von Marshall Hall²⁾, Silvester³⁾, Pacini⁴⁾, Howard⁵⁾, Schüller⁶⁾, Flashar⁷⁾ und Brosch⁸⁾

- ¹⁾ Pneumatometrische Messungen an Leichen erwachsener Personen wurden von verschiedenen Untersuchern zu anderen Zwecken vorgenommen, aber eine grössere Reihe von vergleichenden Untersuchungen über den Werth der verschiedenen Methoden der künstlichen Athmung bei Erwachsenen liegt zur Zeit nicht vor.
- ²⁾ Marshall Hall, *Prone and postural respiration in drowning and other forms of apnoea or suspended respiration*. London 1857.
- ³⁾ Silvester, H. R., *Brit. med. Journ.* July 17. 1858.
- ⁴⁾ Pacini, Ph., *Nouvelle méthode de respiration artificielle dans le traitement de l'asphyxie comparée aux autres méthodes généralement employées*. Journ. de Bruxelles. 1871. Sept.
- ⁵⁾ Howard, Benj., *The more usual methods of artificial respiration. With demonstrations of the „direct method“ of the author*. The Lancet. 1877. August 11.
- ⁶⁾ Schüller, M., *Eine Modification des Silvester'schen Verfahrens*. Berl. klin. Wochenschr. 1879. No. 22.
- ⁷⁾ Flashar, *Zur künstlichen Athmung*. Deutsche militärärztl. Zeitschr. 1882. H. 6.
- ⁸⁾ Brosch, A., *Die wirksamste Methode der künstlichen Athmung zur Wiederbelebung scheinotdter erwachsener Personen, dargestellt auf Grund von Leichenversuchen*. Wiener klin. Wochenschr. 1896. No. 50.

In der ersten Versuchsreihe (I—XL) wurden nur geprüft die Methoden von Silvester, Schüller, Flashar und in einem Fall (XXX) auch die Methode nach Marshall Hall. Nach Möglichkeit wurde Rücksicht genommen auf den Ernährungszustand der Leiche, auf die Biegsamkeit oder Starrheit des Thorax und auf besondere pathologische Veränderungen der Brust- und Bauchorgane, welche die eine oder die andere Methode der künstlichen Athmung erheblich beeinträchtigen konnten. Bei diesen Untersuchungen war der eine Umstand misslich, dass unter dem hierzu verwendeten Materiale fast gar keine normale Leiche sich fand, denn es ist gewiss am besten, die Wirksamkeit der verschiedenen Methoden der künstlichen Athmung vorerst an normalen Leichen kennen zu lernen, um dann den Einfluss der pathologischen Organveränderungen auf den Effekt der künstlichen Athmung mit mehr Erfolg erforschen zu können. Hierzu sind am besten brauchbar Leichen von Selbstmördern oder Verunglückten, bei welchen die Einwirkung der äusseren Gewalt keine anatomischen Veränderungen der Brust- oder Bauchorgane, sowie der zugehörigen Theile des Skelets nach sich zog. Auch die Leichen Vergifteter dürften zu diesen Versuchen gut geeignet sein. Unser normales Leichenmaterial war leider äusserst spärlich, und musste schon aus diesem Grunde die Untersuchung allein auf eine grössere Anzahl von Leichen ausgedehnt werden. Einen weiteren Grund hierzu bot die Frage nach dem Einfluss krankhafter Veränderungen auf die absolute Grösse des Luftwechsels.

Bevor wir zur Schilderung der Leichenversuche übergehen, wollen wir uns zur besseren Orientirung mit der Theorie der künstlichen Athmung, den angewandten Methoden der künstlichen Respiration und ihrer kritischen Beurtheilung, sowie den verschiedenen Arten der Luftwechselfmessung, Spirometrie und Pneumatometrie, beschäftigen.

II. Die Theorie der künstlichen Athmung.

Die künstliche Athmung bezweckt, einen Menschen, dessen automobiler (reflectorischer) Respiration durch irgend einen Einfluss (meistens Lähmung des Athmungscentrums in der Medulla oblongata in Folge von Vergiftungen der verschiedensten Art)

gestört oder aufgehoben ist, durch Erzeugung eines künstlichen Luftwechsels so lange am Leben zu erhalten, bis die Störung behoben und der Mensch wieder im Stande ist, selbständig zu athmen.

Nach dieser Definition ist für eine gute Methode der künstlichen Athmung unerlässlich die Erfüllung folgender Forderungen:

1. freie Bahn für die ein- und ausströmende Luft,
 2. grösstmögliche Erweiterung (i. e. Lufteinsaugung) des Thorax,
 3. grösstmögliche Verkleinerung (i. e. Luftauspressung) des Thorax,
- die beiden letzteren in rythmischem Wechsel.

Diese drei Forderungen wurden von Howard aufgestellt und wir wollen von diesen Gesichtspunkten aus die genannten Methoden prüfen.

Zur Feststellung der grösstmöglichen Erweiterung und Verengerung des Thoraxraumes will ich von der Wirkung der Respirationsmuskeln absehen¹⁾ und zeigen, wie man auf rein geometrischem Wege zur Ermittlung der zweckentsprechendsten Bewegungen gelangen kann.

Der Thorax ist — grobschematisch genommen — ein abgestutzter Kegel. Die Grundfläche dieses Kegels erhält man, wenn man den grössten Rippenbogen (gewöhnlich den 7.) mit seinem natürlichen Neigungswinkel auf eine durch den Körper des XI. Brustwirbels gelegte Horizontalebene²⁾ projicirt. Die Mantelfläche bilden die Rippenbögen. Die obere Fläche wird durch eine nach dem ersten Rippenbogen annähernd bestimmte schräge Ebene gebildet.

Die Grundfläche des Kegels ist streng genommen eine nierenförmige Figur (Fig. 1 AEBD). Man kann dieselbe thatsächlich zu einer Ellipse³⁾ vervollständigen, wenn man

¹⁾ Für die künstliche Athmung ist die Action der Respirationsmuskeln ganz irrelevant.

²⁾ Bei aufrechter Körperhaltung Horizontalebene, bei liegender Körperstellung Verticalebene.

³⁾ Schon Vesalius bezeichnet die Thoraxform mit Recht als „ovalis figura“ (De corporis humani fabrica. Basil. 1542. p. 111).

das Stück ACBE anfügt. In Wirklichkeit ist das Stück ACBE noch vorhanden, nur in einer etwas abweichenden Form (Fig. 1 punktirte Linie). Es wird gebildet durch die Wirbelkörper, Wirbelbögen, Dornfortsätze und Rückenmuskeln. Da dieser Abschnitt völlig solide ist und der Hauptsache nach nur aus Muskeln und Knochen besteht, so können wir ihn bei Betrachtung der Inhaltsveränderung der Ellipse ACBD vernachlässigen.

Auf Grund dieser Anschauung kommen wir zu folgenden Ueberlegungen:

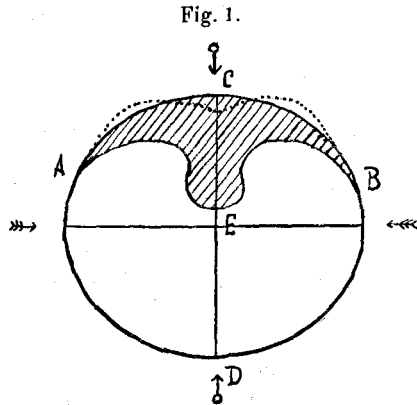
Wann wird der Flächeninhalt einer Ellipse von constanten Umfang am grössten? Wenn die Ellipse sich möglichst einem Kreise nähert. Daraus resultirt für die Inspirationserweiterung eine seitliche (frontale) Compression des Thorax (Fig. 1 $\rightarrow \leftarrow$).

Wann wird der Flächeninhalt eine Ellipse von constantem Umfang am kleinsten? Wenn die Brennpunkte der Ellipse möglichst weit von einander entfernt sind. Daraus resultirt für die Expirationsverengung eine sagittale Compression des Thorax (Fig. 1 $\odot \leftarrow \odot$).

Mit der Vergrösserung und Verkleinerung seiner Grundfläche muss sich natürlich auch der Rauminhalt des Kegelstumpfes entsprechend vergrössern und verkleinern.

Die Vergrösserung und Verkleinerung des Thorax kommt aber ausserdem noch auf eine zweite, höchst zweckmässige Art zu Stande. Die Rippen vollführen nemlich in den Costovertebral-Gelenken eine Charnierbewegung¹⁾ um bei aufrechter Körperhaltung nahezu horizontale Axen.

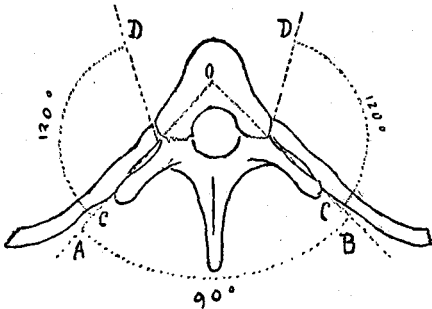
¹⁾ Die Costo-vertebral-Gelenke sind keine Charniergelenke, sie sind viel complicirter gebaut; nur der Gesamteffekt der Bewegung kommt dem eines Charniergelenkes sehr nahe. Ich werde in einer anderen Arbeit darauf zurückkommen.



Horizontaldurchschnitt durch die Thoraxwand in der Höhe des XI. Brustwirbels.

Um den Mechanismus der Rippenbewegung zu verstehen, müssen wir uns über die Wirbelgelenksachsen orientiren. Die

Fig. 2.



Schema eines mittleren Brustwirbels mit den Rippengelenken. AO und OB Rippengelenksachsen. AB Axenwinkel eines Rippengelenkpaars. CD Facettenwinkel eines Rippengelenkes.

Wirbelrippengelenke bestehen aus zwei Theilen, der Articulatio costo-vertebralis (oder capituli costae) im engeren Sinne (Rippenkopf-Wirbelkörpergelenk) und der Articulatio costo-transversalis (Rippenkörper - Querfortsatzgelenk). Die Wirbelfacetten dieser beiden Gelenke sind bei den mittleren Brustwirbeln unter einem Winkel von etwa 120° gegen einander geneigt (Fig. 2).

Will man die Richtung der Gelenkachsen des ganzen Wirbelrippengelenkes ermitteln, so müsste man die Mitte der zusammengesetzten Wirbelfacette mit dem Drehungsmittelpunkt des Rippenkörpers im Costo-transversal-Gelenk verbinden; diese Linie wäre dann die ideale Gelenkaxe.

Benöthigt man behufs Messungen eine reale Axe, so kann man hiezu eine Tangente benutzen, welche man vom hinteren Rande der Wirbelkörperfacette an die Querfortsatzfacette legt (Fig. 2 AO und OB). Da diese Linie der idealen Axe parallel läuft, zwei bestimmte anatomische Punkte verbindet und überdies durch ein angelegtes Lineal ohne Weiteres dargestellt werden kann, so eignet sie sich sehr gut zu directen Messungen der Axenwinkel eines Rippengelenkpaars.

Ich habe auf diese Weise an dem Skelet eines 23jährigen kräftigen Mannes die Axenwinkel gemessen und fand folgende Werthe:

Axenwinkel des	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	Rippen-Wirbelgelenkpaars
beträgt	140	120	100	90	90	90	Grade.
Axenwinkel des	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.	Rippen-Wirbelgelenkpaars
beträgt	90	90	90	75	60	0	Grade.

Die Wirbelgelenkaxen eines correspondirenden Rippenpaares (4. bis incl. 9. Rippenpaar) schliessen somit einen Winkel von ungefähr 90 Graden ein (Fig. 2). Jede dieser Axen ist sowohl gegen die Frontal-, als gegen die Sagittalebene unter einem Winkel von etwa 45 Grad geneigt¹⁾.

Weiter ist zur Beurtheilung des Bewegungseffektes noch der Umstand von grosser Wichtigkeit, dass die Rippenbogen nicht horizontal liegen, denn sonst müsste sich der Thoraxraum sowohl beim Auf-, als auch beim Abwärtsbewegen der Rippen im gleichen Maasse verkleinern. Die Rippenbogen sind aber in der Mittelstellung der Gelenke (bei aufrechter Körperhaltung) unter einem spitzen Winkel gegen die Horizontalebene geneigt. Verbindet man den oberen Rand des Capitulum costae mit dem oberen Rande des vorderen Rippenendes, so erhält man Linien, deren Neigung gegen den Horizont direct messbar ist. An einem gut zusammengestellten Skelet eines 23jährigen männlichen Individuums ergaben diese Linien folgende

Neigungswinkel gegen die Horizontalebene:

I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	Rippenbogen
30	30	25	25	25	30	40	45	45	55	Grade.

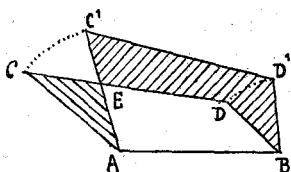
Die geschilderten Gelenkaxenverhältnisse im Vereine mit der Neigung der Rippenbogen haben zur unmittelbaren Folge, dass sich beim Aufwärtsbewegen eines Rippenbogens die vorderen Rippenenden von der Wirbelsäule und von einander entfernen, d. h. den Thoraxraum vorwiegend im sagittalen Durchmesser und von der IV. Rippe an auch nicht unerheblich im frontalen Durchmesser vergrössern. Beim Abwärtsbewegen wird der Thoraxraum ebenfalls vorwiegend im sagittalen und in geringem Maasse auch im frontalen Durchmesser verkleinert. Diese combinirte Charnierbewegung eines Rippenbogens bringt es mit sich, dass bei Hebung sämmtlicher Rippenbogen die Mittellinie derselben (das Sternum) von der Wirbelsäule entfernt wird und zwar um so weiter, je länger die Rippen sind und je kleiner der Axenwinkel der Rippen-Wirbelgelenke ist. Die Rippenenden haben hiebei

¹⁾ Nach A. W. Volkmann (citirt bei Landois, Lehrb. der Physiologie. Wien 1889. S. 220) betragen die Axenwinkel an den oberen Rippen 125, an den unteren Rippen 88 Grade.

das Bestreben, sich von einander zu entfernen, welches durch Dehnung und Abbiegung der Rippenknorpel und Torquierung und Biegung der Rippenkörper genügend compensirt wird.

Die Gesamtheit dieser Charnierbewegungen sämtlicher Rippen, bezogen auf die Sagittalebene des Thorax, lässt

Fig. 3.



sich reduciren auf die Formveränderung eines Trapezoides von constantem Umfang (Fig. 3)¹⁾.

Es sei das Trapezoid CABD entstanden durch die Projection der Wirbelsäule (AB), des Sternum mit dem Proc. xiphoides (CD), des ersten Rippenbogens (BD), und des VI. Rip-

penbogens (mit einer gedachten Verbindung des vorderen Rippenendes mit dem unteren Ende des Processus xiphoides AC) auf die mediane Sagittalebene des Thorax. Wenn uns CABD die Expirationsstellung versinnbildlicht und sich aus dieser Lage die Rippen nach aufwärts bewegen, so nimmt das ursprüngliche Trapezoid an Inhalt um die Fläche C'EDBD' zu, verliert hingegen die Fläche CAE. Da aber Fläche C'EDBD' grösser ist, als Fläche CAE, so muss der Flächeninhalt des neuen Trapezoides mit gleich grossem Umfang C'ABD' grösser sein, als der des alten Trapezoides CABD.

Umgeben man das liegende Trapezoid CABD mit einer elliptischen Mantelfläche derart, dass die kleinen Durchmesser der Ellipse senkrecht auf die Linie AB zu stehen kommen und in der Fläche des Trapezoides liegen, so erhält man einen elliptischen, schräg abgestutzten Kegel, dessen Rauminhalt sich in demselben Sinne verändern muss, wie der Flächeninhalt des Trapezoides CABD.

Daraus resultiren folgende Fundamentalsätze für die künstlichen Athembewegungen des Thorax:

1. Die grösste Erweiterung des Thorax erfolgt durch Verlängerung des sagittalen Durchmessers.

¹⁾ Die Charnierbewegung der Seiten BD und AC ist in dem Trapezoid (Fig. 3) selbstredend übertrieben dargestellt, um den Effekt (der Flächenzunahme) anschaulicher zu machen.

2. Die grösste Verengerung des Thorax erfolgt durch Verkürzung des sagittalen Durchmessers.
3. Um das grösste Maass der Inhaltsveränderung zu erzielen, dürfen die Verlängerungen und Verkürzungen nicht nur einen Theil des Brustkorbes betreffen, sondern sie müssen sich auf den ganzen Thorax gleichmässig, i.e. proportional den Grössen der sagittalen Durchmesser der einzelnen Thoraxabschnitte, erstrecken.

Nachdem wir die Mechanik der thoracalen Respiration klar gemacht haben, wollen wir noch des zweiten Typus der Respiration, der Zwerchfellathmung, gedenken.

Giebt es auch eine künstliche Zwerchfellathmung? Eine derartige Athmung ist möglich und auch beschrieben¹⁾ worden. Die Werthe dieser Methode sind ausserordentlich gering (siehe Leichenversuch No. LVIII Athemtempo 35—37), weil die Methode an sich auf einem Irrthum beruht. Bei der überwiegend grösseren Zahl der Leichen befindet sich das Zwerchfell in Expirationsstellung, und dieselben Verhältnisse dürften auch bei Scheintodten vorhanden sein. Es kann daher eine Bewegung, welche darauf abzielt, das ohnehin hoch stehende Zwerchfell noch höher hinauf zu pressen, von vornherein nur einen geringen Effekt haben. Die beschriebene Bewegung: „Druck auf die vordere Bauchwand nach hinten und oben“ ist überdies sehr unzuweckmässig. Durch diesen Handgriff werden

¹⁾ Leitfaden zum fachtechnischen Unterrichte des k. und k. Sanitätsbülfs-personales (Zur Instruction für die Truppschulen des k. k. Heeres. VI. Theil). Wien 1873. S. 129. § 211. Dortselbst heisst es: „Hierbei bringt man den Bewusstlosen in die Rückenlage, der Oberleib sei mässig erhöht, die unteren Gliedmaassen aber seien im Knie gebeugt, damit die Bauchdecken erschlaft werden. Nun übe man durch seine eigenen, auf die vordere Bauchwand (Magengrube) flach aufgelegten Hände einen rasch sich steigenden, nach hinten und oben gerichteten Druck auf den Unterleib des Verunglückten aus, um dadurch das Zwerchfell nach aufwärts zu drängen ... (künstliches Ausathmen) ... Nach der künstlichen Ausathmung hebt man die Hände weg, das Zwerchfell sinkt wieder herab ... (künstliches Einathmen) ... Tactmässig 16—20 mal in der Minute.“

die Baueingeweide in die untere Thoraxapertur hinein gepresst und bewirken hierdurch ein Auseinanderweichen der falschen Rippen, welches die beabsichtigte Hinaufpressung des Zwerchfells bedeutend abschwächt.

Viel effektvoller ist der von mir angegebene Handgriff der Zwerchfellathmung¹⁾: Aufsetzen der vollen Faust unmittelbar am unteren Ende des Processus xiphoides und Druck nach oben und hinten. Bei meinem Handgriff der Zwerchfellathmung weichen die Baueingeweide nach unten aus, die falschen Rippen ziehen sich deutlich einwärts und gewähren so der Hinaufpressung des Zwerchfells den grössten Spielraum (siehe in dieser Arbeit Capitel VII Versuch No. XXIV. Athemtempo V und VI).

Um den Antheil des Zwerchfells an der künstlichen thoracalen Respiration kennen zu lernen, wurde an der Leiche die künstliche Respiration nach Silvester vorgenommen, hierauf die Bauchhöhle vollständig eröffnet und die künstliche Athmung nach Silvester wiederholt. Das Zwerchfell wurde expiratorisch erschlafft und etwas herabgedrängt²⁾, inspiratorisch gespannt und nach aufwärts gezogen. Daraus ergibt sich die sehr wichtige Thatsache, dass die Bewegungen des Zwerchfells bei künstlicher Respiration gerade entgegengesetzt verlaufen, wie bei der natürlichen Athmung. Dies rührt daher, weil bei Leichen und Scheintodten das Zwerchfell sich fast stets in Expirationsstellung (Erschlaffung) befindet. Die Messungen des Effectes der Thorax-Athmung nach Eröffnung der Bauchhöhle ergaben nahezu die gleichen Werthe, wie bei intacter Bauchhöhle (siehe Leichenversuche No. LVIII Athemtempo 38—40 und No. LX Athemtempo 28—31).

Ausser den angeführten Thatsachen sind noch zwei Momente entscheidend für die Frage, ob Thoracal- oder Zwerchfellathmung? und zwar Momente physiologischer Natur.

Beim männlichen Geschlechte sieht man vorwiegend Zwerch-

¹⁾ Wiener klin. Wochenschr. 1896. No. 50.

²⁾ Die Herabdrängung ist nur geringfügig, da sie durch den elastischen Zug der Lungen grösstentheils compensirt wird.

fellathmung. Bei tiefer und forcirter Athmung tritt jedoch auch beim Manne Thoracalathmung auf¹⁾.

Endlich ist im Schläfe auch beim Manne die Respiration thoracal²⁾.

Die oben geschilderten experimentellen und physiologischen Thatsachen lehren in unzweideutiger Weise, dass der künstlichen Zwerchfellathmung jedenfalls nur eine sehr untergeordnete Bedeutung für die Lungenventilation zukommt, und dass dieselbe in Folge dessen und in Anbetracht der relativ hohen Werthe der künstlichen Thoraxathmung als eigene Methode für sich zur Wiederbelebung Scheintodter weder eine theoretische Berechtigung, noch einen praktischen Werth besitzt.

III. Die Methoden der künstlichen Athmung.

Hier werden natürlich nur jene Methoden der künstlichen Respiration beschrieben, welche bei den Leichenversuchen zur Anwendung kamen. Die Beschreibungen sind nicht ausführlich, sondern nur auszugsweise, soweit dies eben zum Verständnis der Leichenversuche erforderlich schien.

1. Die Methode nach Silvester³⁾.

Der Körper wird auf den Rücken gelagert, die Schultern durch untergelegte Kleider, Kissen u. s. w. etwas erhöht, die Zunge hervorgeholt und fixirt. Die Inspiration erzielt man durch Zurückziehen der im Ellenbogengelenk flectirten und von hinten her unmittelbar oberhalb desselben gefassten Arme, während die Expiration durch Zurückführen der Arme aus der ersten Lage und Andrücken derselben an die Seitenwände des Thorax erreicht wird.

¹⁾ Landois, Lehrb. der Physiologie. S. 216.

²⁾ Mosso, citirt ebenda.

³⁾ Bei einer Reihe von Leichenversuchen wurde die Silvester'sche Methode in der Weise modificirt, dass bei der Expiration die Ellenbogen auf der Brust möglichst weit nach vorn (bis zu gegenseitiger Berührung) gebracht wurden und das Hauptgewicht auf eine möglichst sagittale Compression des Thorax gelegt wurde (Expirationshandgriff des Verf.). Diese Combination wurde in den Versuchstabellen als Silvester-Brosch bezeichnet.

2. Die Methode nach Pacini¹⁾.

Man tritt hinter den auf eine schiefe Ebene gelagerten Scheintodten, fasst die Oberarme von hinten her dicht am Schultergelenk, so dass der Daumen auf die Schulter zu liegen kommt, und zieht dann die Schultern rhythmisch nach hinten und oben (Inspiration). Die Expiration erfolgt durch Zurücklegen der Arme an die Seitenwände der Thorax.

3. Die Methode nach Marshall Hall²⁾.

Man schiebt dem Verunglückten ein Kissen unter die Brust und rollt den Körper einmal in die Bauchlage (Expiration), das andere Mal in die Seitenlage (Inspiration).

4. Die Methode nach Howard.

Nach 2—3maliger Expression in der Bauchlage dreht man den Körper des Scheintodten auf den Rücken, — die Lendengegend durch ein Polster erhöht, während Schultern und Hinterkopf den Erdboden berühren. Die oberhalb des Kopfes gekreuzten Arme werden durch einen Gehülfen auf dem Erdboden fixirt, die Zunge nach dem rechten Mundwinkel hinübergezogen und festgehalten. Rittlings über dem Verunglückten knieend setzt man beide Hände in der Weise gegen den unteren Theil der Thoraxwandungen auf, dass die Daumen beiderseits neben dem Processus xiphoideus, die übrigen Finger in die Intercostalräume zu liegen kommen; die Ellenbogen stemmt man

¹⁾ In den Leichenversuchen vollführten wir unter dem Titel „Pacini-Silvester“ die Inspiration mit dem Pacini'schen Handgriff und fügten stets die Expiration nach Silvester an. In einigen Fällen wurde auch die Expiration nach dem Verfasser angefügt und diese Combination als Pacini-Brosch benannt.

²⁾ In einer Reihe von Leichenversuchen modificirten wir diese Methode in der Weise, dass bei der Expiration durch die zu beiden Seiten der unteren Brustwirbelsäule aufgelegten Hände in Howard'scher Stellung des Operateurs ein Druck ausgeübt wurde. Auf diese Art ergiebt die Expiration um 8—12 mm Hg höhere Manometerwerthe, als die Originalmethode. (Auch die Inspiration ergiebt mitunter, wenn man durch einen gelinden Druck mit der flachen Hand den Thorax seitlich comprimirt und so in der sagittalen Richtung vertieft, einen bedeutenden Inspirationszug.) Diese Modification wurde in den Versuchstabellen als Marshall Hall mit Howard'schem Handgriff aufgeführt.

in die Seiten und beugt sich langsam und allmählich, indem man das volle Gewicht des eigenen Körpers gegen den Thorax des Verunglückten wirken lässt, soweit vornüber, dass der eigene Mund nahezu den Mund des Scheintodten berührt (Expiration). Dann schnellst man plötzlich in die aufrecht knieende Stellung zurück, indem man gleichzeitig mit dem Drucke aufhört (Inspiration).

5. Die Methode nach Schüller.

Während der Kranke in horizontaler Rückenlage mit nicht erhöhtem Kopfe auf dem Bette liegt, greift man — zur linken Seite oder zu Häupten des Kranken stehend — von oben her mit beiden Händen unter den rechten und linken Rippenbogen, zieht dieselben kraftvoll in die Höhe (Inspiration) und presst sie sodann wieder nach abwärts gegen die Bauchhöhle (Expiration). Damit die Bauchdecken schlaff bleiben, legt man unter die Kniekehlen ein Kissen.

6. Die Methode nach Flashar¹⁾.

Man legt um den Brustkorb von beiden Seiten je ein auf Handbreite zusammengelegtes Handtuch in der Höhe der Brustwarzen so herum, dass jedenfalls die grössere Breite des Handtuches mehr unter, als über die Brustwarze zu liegen kommt. Die Enden der beiden sich kreuzenden Handtücher werden von zwei seitlich befindlichen Personen gleichzeitig angezogen (Expiration). Eine selbständige Inspirationsbewegung wird nicht gemacht.

7. Die Methode nach Brosch.

Man lagere den Körper des Scheintodten rücklings auf den Boden und setze dann unter den Brustkorb einen 25—30 cm hohen und 40—50 cm breiten Schemel. Der Kopf hängt über den Rand des Schemels frei herab. Die Arme werden in den Ellenbogengelenken stark flectirt und zu beiden Seiten des Brustkorbes auf den Schemel gelegt. Zu Häupten des Scheintodten stehend ergreift man die beiden Ellenbogen desselben von innen

¹⁾ Der Effekt der Expiration wird beträchtlich grösser, wenn man die Binden nicht über, sondern von den Brustwarzen nach abwärts an den Thorax legt. Diese Modification wurde in den Versuchstabellen als „Flashar modificirt nach Brosch“ bezeichnet.

her und führt sie in einem horizontalen Halbkreise nach rückwärts möglichst nahe an den Kopf heran. Sobald man fühlt, dass sich die horizontale Bewegung der Arme nicht mehr steigern lässt, drückt man die Arme nach abwärts (Inspiration). Hierauf legt man die Ellenbogen dem Scheintodten auf die Brust, so dass sie sich berühren und übt nun, sich auf dieselben stützend und das eigene Körpergewicht ausnützend, einen allmählich stärker werdenden, intensiven, möglichst sagittalen Druck auf den Brustkorb des Scheintodten (Expiration) aus.

8. Combinirte Methoden.

In den Leichenversuchen wurden mehrfach combinirte Methoden angewendet derart, dass die Inspiration einer Methode mit der Expiration einer anderen Methode verbunden wurde. Dem entsprechend wurde auch die Benennung der combinirten Methoden gewählt und zwar bedeutet der vor dem Bindestrich (-) stehende Name stets jene Methode, von welcher die Inspiration entlehnt wurde; der nach dem Bindestrich stehende Name hingegen jene Methode, nach welcher die Expiration ausgeführt wurde. So bedeutet in den Tabellen (Capitel VII) Pacini-Silvester, dass die Inspiration nach Pacini, die Expiration nach Silvester ausgeführt wurde. Die Bemerkung „mit Zwerchfellathmung“ in den Tabellen bedeutet, dass gleichzeitig mit der thoracalen Expiration ein expiratorischer Druck (nach hinten und aufwärts) auf das Abdomen ausgeübt wurde. Es wurde hierbei der von mir angegebene Handgriff (siehe Cap. II) angewendet.

Die Versuche mit den combinirten Methoden sind keineswegs eine nutzlose Spielerei, denn sie lehrten, dass diese Combinationen treffliche Resultate lieferten, welche die Werthe der einzelnen angewandten Originalmethoden stets übertrafen.

IV. Kritik der Methoden.

Wir wollen der Kritik die eben ausgeführte Theorie der künstlichen Athmung zu Grunde legen.

Silvester. Die Inspiration nach Silvester ist gut. Es

wird hiedurch stets (mit Ausnahme tief greifender pathologischer Veränderungen) ein bedeutender Inspirationszug erzielt.

Die Expiration steht mit der Theorie der künstlichen Athmung in directem Widerspruch. Durch die seitliche Compression wird der sagittale Durchmesser des Thorax vergrößert, somit der Rauminhalt erweitert. Diese Erweiterung im sagittalen Durchmesser wird durch die Verengerung der unteren Thoraxhälfte im frontalen Durchmesser (seitliche Einpressung der falschen Rippen) nur in sehr geringem Grade übercompensirt, daher sind die Expirationswerthe der Silvester'schen Methode relativ niedrig.

Pacini. Die Inspiration nach Pacini ist unter den bisherigen Methoden weitaus die beste, da sie durch mittelbare Hebung der Schlüsselbeine eine ausgiebige Charnierbewegung nach aufwärts in sämmtlichen Wirbel-Rippengelenken erzeugt und somit eine sehr bedeutende Erweiterung des Thorax im sagittalen Durchmesser hervorruft.

Die Expiration durch Zurücklegen der Arme an die Seiten des Thorax ist ungenügend und wird am besten durch eine andere Methode ersetzt.

Marshall Hall. Die Inspirationsbewegung ist sehr gering, da sie nur durch seitliche Compression des Thorax entsteht, also lediglich auf einer, durch die Elasticität der Rippen und ihrer Knorpel gestatteten Deformirung des Thorax beruht, während die Charnierbewegung der Wirbel-Rippengelenke ganz ungenützt bleibt.

Die Expiration ist mittelmässig, kann aber sehr bedeutend verstärkt werden, wenn man hierbei den Howard'schen Handgriff anwendet, mit welchem sie sogar die Expiration mit Howard'scher Lagerung beträchtlich übertrifft.

Howard. Die Inspiration ist häufig gleich Null oder ergiebt nicht selten bedeutende positive Manometerwerthe, weil die Howard'sche Lagerung für die Inspiration auf einem Irrthum beruht. Bei der Howard'schen Lagerung (Rückenlage mit Kissen unter dem Epigastrium) wird die Rückenwirbelsäule lordotisch nach rückwärts gekrümmt. Um aber diese Krümmung zu ermöglichen, geht der Thorax sowohl durch seine eigene Schwere, als auch durch den Zug der gespannten Bauchdecken

in die Breite, erleidet also eine Verkürzung im sagittalen Durchmesser, welche einer Expiration entspricht¹⁾.

Aus diesem Grunde erklären sich auch die bei dem grossen Kraftaufwande relativ niedrigen Expirationswerthe, denn die Howard'sche Methode fügt an eine Expirationsstellung eine kräftige Expiration. Die Howard'sche Methode verdankt ihre Berühmtheit hauptsächlich dem Umstande, dass sie zur Entfernung von Fremdkörpern und Flüssigkeiten aus den Luftwegen gute Dienste leistet. Durch die (noch vor Beginn der künstlichen Athmung auszuführende) Howard'sche Bauchlagerung werden sämmtliche Luftwege und auch die Stammbronchien etwas comprimirt, also verengt, und es ist klar, dass ein kräftiger Expirationsstoss auf verengte Ausführungsgänge eine viel intensivere Wirkung ausüben muss als auf weite Ausführungswege, schon deshalb, weil dieselbe Luftmenge (Inhalt der kleinsten Bronchien und Alveolen), um in derselben Zeit durch einen kleineren Röhrenquerschnitt auszutreten, eine bedeutend grössere Strömungs-Geschwindigkeit haben muss und in Folge dessen auch Fremdkörper sehr viel leichter mit sich fortreisst, bezw. aus den Luftwegen hinausschleudert.

Die Howard'sche Methode ist vielleicht die beste künstliche Expectationsmethode, aber die Ansicht, dass sie die beste künstliche Respirationsmethode sei, beruht auf einem grossen Irrthum und einem völligen Verkennen der Theorie der künstlichen Athmung.

Schüller. Diese Methode ist gut, denn sie entspricht völlig der Theorie der künstlichen Athmung. Ihre Werthe sind deshalb nicht die grössten, weil sich ihre Wirkung nicht auf den ganzen, sondern nur auf den unteren Theil des Thorax beschränkt.

¹⁾ Man kann sich ausserordentlich leicht von diesen Verhältnissen überzeugen, wenn man eine Leiche ohne jede Unterstützung horizontal auf dem Boden oder auf einem Tische lagert, die Trachealkanüle mit einem Quecksilber-Manometer verbindet und nun durch Unterschieben einer Rolle unter das Epigastrium zur Howard'schen Lagerung (angeblicher Inspirationsstellung) übergeht. Das Manometer zeigt einen positiven Druck von 5 und mehr Millimeter Hg an. Ein negativer Druck kommt hiebei so gut wie niemals zu Stande.

Brosch. Diese neue Methode ergibt deshalb den weitaus grössten Effekt, weil ihre Handgriffe und Bewegungen, sowie die Lagerung möglichst der Theorie der künstlichen Athmung entsprechend construirt sind.

Die Inspiration erfolgt in ihrem ersten Theil ähnlich wie bei Pacini: ausgiebige Charnierbewegung in sämmtlichen Wirbel-Rippengelenken nach aufwärts. In Folge dessen sehr beträchtliches Zunehmen des Thoraxraumes im sagittalen Durchmesser. Durch den zweiten Theil der Inspiration (Abwärtsdrücken der Oberarme in der extremen Inspirationsstellung) tritt ein aus Humerus, Scapula, Clavicula und Sternum durch die straff gespannten Ligamente in ein starres System verwandelter langer Hebel in Wirksamkeit, welcher sich in sagittaler Richtung um den Schultergürtel dreht und auf diese Art durch Niederdrücken der Oberarme das Sternum emporhebt und so eine erneute sehr bedeutende Zunahme im sagittalen Durchmesser bewirkt, welche sich durch Vermittlung des Sternums auf den ganzen Thorax gleichmässig erstreckt.

Die Expiration ist deshalb so ausgiebig, weil sie ebenfalls den ganzen Thorax gleichmässig betrifft. Der Thorax ist durch die breite Unterlage von rückwärts und durch die schräg über seine Vorderfläche gelegten, in der Mittellinie sich berührenden Oberarme in eine Pressvorrichtung eingeschaltet, deren Wirkung sich kein Theil des Brustkorbes zu entziehen vermag. Da die Brust-Wirbelsäule nicht nach rückwärts abgebogen ist, fällt die sagittale Abplattung des Brustkorbes und die Spannung der Bauchdecken weg, welche beiden Momente bei der Howard'schen Lagerung geradezu ein Inspirationshinderniss bilden.

V. Ueber die Eintheilung der Respirationsmethoden und ihre Werthbestimmung.

Bei der Beurtheilung des Werthes der einzelnen Methoden ergeben sich mehrere Gesichtspunkte von wesentlicher Bedeutung, so dass wir uns unmöglich ein klares Bild über den Werth einer Respirationsmethode machen können, wenn wir nicht alle hiebei in Betracht kommenden Momente einer eingehenden Würdigung unterziehen.

Wir vergleichen die einzelnen Methoden nach ihren physika-

lichen Werthen. Wir messen die physikalischen Werthe, weil die allein richtige Methode, die Messung der physiologischen Werthe ¹⁾, an der Leiche selbstredend nicht ausgeführt werden kann.

Bei einer Methode, welche, wie die Howard'sche, von einer effektiven Expirationsstellung ausgeht, und in geringerem Maasse auch bei Methoden, welche von der Ruhelage aus nur eine Expiration, aber keine Inspiration zur Folge haben [Methode nach Flashar und sämtliche Methoden der reinen Zwerchfellathmung ²⁾], liegt die Gefahr nahe, dass eine grosse Zahl von Alveolen sich an dem Luftwechsel gar nicht theiligt, und dieser — wenn auch mit relativ hohen Manometerwerthen — vorwiegend in den Bronchien (die kleinsten Bronchien sind ja bis zum Verschwinden ihres Lumens compressibel) und nur zum geringsten Theile in den Alveolen vor sich geht. Es ist daher einleuchtend, dass eine derartige Methode nur einen problematischen Werth hat. Es kommt nicht so sehr darauf an, wie gross die Lungenventilation ist, sondern vielmehr darauf, welche Lungentheile ventilirt werden.

Die Erfinder jener Methoden, die nur über eine Expiration aus der Ruhelage verfügen, sagen — gewissermaassen um sich selbst zu überreden —: „eben so viel Luft, als bei der Expiration ausgepresst wurde, muss naturgemäss nach Aufhören des Druckes beim Zurückgehen des Thorax in die Ruhelage wieder in die Lungen eintreten (Inspiration)“.

Ich muss gestehen, so lange ich der Frage der künstlichen Athmung nicht näher getreten war, hätte mich diese Erklärung ebenfalls beschwichtigt. Jetzt aber denke ich anders. Die Erfinder der expiratorischen Methoden haben Recht, es findet thatsächlich ein Einströmen von Luft, also eine physikalische Inspiration statt. Der menschliche und thierische Organismus benöthigt aber zum Unterhalt des Lebens nicht eine physi-

¹⁾ Eudiometrie.

²⁾ Eine Methode der reinen Zwerchfellathmung ist gegenwärtig noch bei dem Sanitäts-Hülfspersonale des k. und k. österr.-ung. Heeres in Vorschrift (siehe Cap. II, Fussnote). Sie soll aber, wie mir mitgetheilt wurde, bereits in nächster Zeit durch eine Methode mit thoracalem Typus ersetzt werden.

kalische Inspiration (Einströmen von Luft in den Bronchialbaum), sondern eine physiologische Inspiration (Einströmen von Luft in die Alveolen).

Aus diesem Grunde sind alle Methoden, welche keine selbständige Inspiration von der Ruhelage aus besitzen, für die Wiederbelebung Scheintodter ein Blasbalgspiel von fraglichem Werth. Ich sage ausdrücklich „für die Wiederbelebung von Scheintodten“, denn, so paradox es klingt, haben diese „rein expiratorischen“ Methoden bei gewissen Krankheiten sogar einen nicht zu unterschätzenden therapeutischen Werth. Nämlich bei jenen Lungenkrankheiten, welche mit einer Erweiterung der Alveolen und kleinsten Bronchien einhergehen: Emphysem und Bronchiektasie. Bei diesen Krankheiten stehen schon in der (apnoischen) Ruhelage die zuführenden kleinsten Bronchien und Alveolen abnorm weit offen. Die Möglichkeit, die zuführenden kleinsten Bronchien zu comprimiren und hiedurch die Alveolen vom Luftwechsel auszuschliessen, ist hier a priori nicht vorhanden. Daher die sonst ganz unverständlichen Erfolge der expiratorischen Methoden in der Therapie dieser Krankheiten, von welchen Flashar, Gerhardt u. A. berichten.

Einen aus irgend welchem Grunde apnoischen Emphysematiker oder Bronchiektatiker wird man ganz gut auch durch eine expiratorische Methode der künstlichen Athmung retten können. Da aber die weitaus grössere Mehrzahl der Menschen, welche durch die künstliche Athmung gerettet werden können, durchaus nicht aus Emphysematikern und Bronchiektatikern besteht, so müssen wir für die Menschen mit normalen Lungen eine in- und expiratorische Methoden, also eine ambigente¹⁾ Respiration oder bispiratorische Methoden verlangen.

Im Gegensatz zu den expiratorischen Methoden (Howard, Flashar, isolirte Zwerchfellathmung) haben die inspiratorischen Methoden (Pacini) einen hohen Werth speciell für die Wiederbelebung Scheintodter. Bei diesen Methoden schwankt der Thorax zwischen der Ruhelage und der Inspirationsstellung, ein Typus, der der ruhigen Athmung eines normalen Menschen entspricht. Der Luftwechsel in den Lungenalveolen ist bei den

¹⁾ Particip von ambigo (ambi-ago) = nach beiden Seiten wirkend.

inspiratorischen Methoden sehr beträchtlich und kommt dem einer physiologischen Inspiration ausserordentlich nahe.

Die Methoden ambigenter Respiration entsprechen schon theilweise der forcirten Athmung eines normalen Menschen. Wir können demnach die Methoden der künstlichen Athmung eintheilen in:

1. expiratorische Methoden,
2. inspiratorische Methoden,
3. Methoden ambigenter Respiration (bispiratorische Methoden).

Zu den expiratorischen Methoden gehören die künstliche Athmung nach Howard, Flashar und die Methoden der reinen Zwerchfellathmung.

Zu den inspiratorischen Methoden gehört die künstliche Athmung nach Pacini¹⁾.

Zu den Methoden ambigenter Respiration gehören alle übrigen, wie die künstliche Athmung nach Silvester, Schüller, Marshall Hall (nur fallweise), Brosch, ferner Schultze, Mattei, Bain, Bottari, Byrd, Forest, Lahs u. A.

Aus dem vorhin Gesagten ergeben sich zur Beurtheilung des Werthes der verschiedenen Methoden folgende Sätze:

1. Der Werth einer Methode der künstlichen Respiration hängt ab:

- a) von der Grösse der Inspiration,
- b) von der Grösse der Expiration.

2. Die Messung der Inspiration und Expiration muss von der (apnoischen) Ruhelage (des Thorax und der Bauchdecken) ausgehend vorgenommen werden.

Es könnte den Anschein erwecken, als hätte die expiratorische Bewegung überhaupt keinen Zweck, da sie ja keine Luft aus den Alveolen, sondern nur solche aus dem Bronchialbaum entferne, welche ohnedies nicht zur Respiration, i. e. zur Speisung des Blutes mit Sauerstoff, verwendet wird.

Bei einer rein inspiratorischen Methode kann es vorkommen,

¹⁾ Die in den Tabellen (Cap. VIII) unter „Pacini“ angeführten Versuche sind keine reinen Pacini, da von dem ausführenden Herrn auch bei dem expiratorischen „Zurücklegen“ der Oberarme ein nicht unbeträchtlicher seitlicher Druck auf die Thoraxwände ausgeübt wurde.

— wenn dieselbe nicht energisch ausgeführt wird, — dass die aus den Alveolen bei der Inspirationspause (von einer Expiration kann man hier nicht gut sprechen) zurückweichende Luft nicht aus dem Bronchialbaum hinaus befördert, sondern grösstentheils bei der nächstfolgenden Inspiration abermals in die Alveolen geführt wird. Dieses Ereigniss kann besonders leicht dann eintreten, wenn die Inspirationen rasch auf einander folgen. Diese allerdings unleugbare Möglichkeit ist der einzige Grund, welcher gegen die Bevorzugung der inspiratorischen Methoden spricht.

Die Methode ambigenter Respiration hat gegenüber den beiden anderen Methoden zwei unstreitige Vortheile von schwerwiegendster Bedeutung:

Erstens ist sie das mächtigste Mittel zur künstlichen Beförderung des Blutkreislaufes und so indirect auch zur Beförderung der Herzaction.

Zweitens bewirkt sie thatsächlich eine viel reichlichere Sauerstoffzufuhr zum Blute¹⁾, als eine rein inspiratorische, wenn auch noch so energisch ausgeführte Methode.

Eine ergiebige Inspiration, combinirt mit einer ergiebigen Expiration, ist deshalb die bei weitem effektivste Art der künstlichen Athmung, weil auch der Luftinhalt des Bronchialbaumes den Alveolen zu Gute kommt. Es sind ausser der Diffusion noch zwei Triebkräfte, welche die Luft des Bronchialbaumes den Alveolen zuführen: die Strömungsgeschwindigkeit und die Temperaturdifferenz.

Die Strömungsgeschwindigkeit ist insofern von grossem Einfluss auf den Luftwechsel in den Alveolen, als sie eine Art von Wirbelbewegung erzeugt, welche innerhalb einer und derselben Inspirationsphase einen Austausch zwischen der Alveolen- und der Bronchialluft bewirkt. Es ist physikalisch ganz undenkbar, dass die in die Alveolen einströmende Luft dortselbst stille stehen und in derselben Anordnung wieder entweichen sollte. Die Luftbewegung in den Bronchiolen während der Inspiration ist vermuthlich derart, dass der centrale Luftstrom zu den Alveolen und der periphere (an den Wänden der Bronchiolen) von den Alveolen streicht.

¹⁾ Selbstredend nur auf dem Wege einer ausgiebigeren Lungenventilation.

Die Temperaturdifferenz ist gleichfalls ein bewegendes Agens für die Luftströmung von den Bronchien zu den Alveolen und umgekehrt. Die einströmende Luft ist niedriger temperirt und erhält, sobald sie in den Alveolengängen angelangt ist, den höchsten Temperaturgrad. Da nun in jedem Momente die Luft in den Alveolen bedeutend höher temperirt ist, als in dem Bronchialbaum, so bedingt diese Temperaturdifferenz an sich schon eine continuirliche Ausgleichsströmung der Luft zwischen Alveolen und Bronchien.

Wenn es wahr ist, dass unabhängig von der Athembewegung ein Ausgleich zwischen der Bronchial- und Alveolenluft stattfindet, so muss die Zeitdauer, welche ein Mensch apnoisch zubringen kann, der Menge der in die Lungen eingeführten Luft direct proportional sein. Ich machte an mir selbst, mit einem Chronometer versehen, folgende Versuche: Eine

unternormale Inspiration und Verharren in der Inspirationsstellung, Zeit:	25 $\frac{1}{2}$ Sec.
normale	49 $\frac{3}{4}$ -
forcirte	61 $\frac{1}{2}$ -

Es ist natürlich, dass gegenüber einer oberflächlichen Inspiration der Rauminhalt der Alveolen bei einer normalen oder forcirten Inspiration bedeutend zunimmt, aber in nicht viel geringerem Grade nimmt auch der Rauminhalt der Bronchiolen und der Bronchioli respiratorii zu, und hierin liegt wohl ein Hauptgrund für die Möglichkeit eines bedeutend länger andauernden apnoischen Zustandes nach einer forcirten Inspiration.

Ich machte einen Versuch forcirter Inspiration aus der extremsten Expirationsstellung: Forcirte Inspiration aus der

Ruhelage	bis zum Beginn der Expiration	45 Sec.
extremsten Expirationsstellung	- - - - -	1 Min. 6 -

Zieht man ausserdem noch die Luft der oberen Luftwege (Trachea, Larynx) und des Nasen-Rachenraumes zur Respiration heran, was am einfachsten durch eine saccadirte Athmung¹⁾ geschieht, so kann man eine noch längere Apnoe erzielen. Saccadirte Inspiration aus der

Ruhelage	bis zum Beginn der Expiration	1 Min. 5 $\frac{3}{4}$ Sec.
extremsten Expirationsstellung	- - - - -	1 - 34 $\frac{1}{2}$ -

¹⁾ Die saccadirte Athmung bewirkt vermuthlich auf rein mechanische Weise einen regeren Austausch zwischen Bronchial- und Alveolenluft.

Der bedeutende Einfluss der vorausgehenden extremen Expiration auf die Dauer der nach der Inspiration folgenden Apnoë ist so eclatant und lässt sich ohne besondere Schwierigkeit jederzeit zahlenmässig demonstrieren, dass wir schon aus diesem Grunde allein unter allen Umständen einer Methode ambigenter Respiration unbedingt den Vorzug geben müssen.

Nach dem respiratorischen Werthe angeordnet, ergibt sich für die Methoden der künstlichen Athmung folgende, auch in Bezug auf ihre physiologische Dignität aufsteigende Reihenfolge: expiratorische Methoden, inspiratorische Methoden, Methoden ambigenter Respiration.

Um einen Maassstab zu haben, mit welchem man alle Methoden vergleichen kann, benutzt man am besten den Totalwerth der Respiration, i. e. Inspirationswerth + Expirationswerth. Die expiratorischen Methoden kommen hiebei freilich weit besser weg, als es der Wirklichkeit entspricht, denn diese Vergleichung bezieht sich auf die physikalischen, nicht aber auf die physiologischen Respirationswerthe. Da wir diese letzteren an der Leiche nicht messen können, so bleibt uns keine andere Vergleichsmethode übrig, als die der physikalischen Respirationswerthe, nach welcher auch die Tabellen (Cap. VII) angelegt sind.

VI. Die Untersuchungsmethode an der Leiche und ihr Verhältniss zur Pneumometrie am Lebenden.

Die Versuche wurden ähnlich der von Donders¹⁾ angegebenen Weise eingerichtet. Ein von einer Glascanüle durchbohrter Kautschukstopfen wurden luftdicht in die Trachea eingebunden und mit einem Waldenburg'schen Pneumatometer in Verbindung gesetzt. Zu diesem Behufe isolirt man die Luftröhre am Halse, bringt eine dünne Schnur zwischen Speise- und Luftröhre, öffnet letztere durch einen transversalen Schnitt unmittelbar unter dem Ringknorpel, ohne den hinteren membranösen Theil zu durchtrennen, bringt dann den Kautschukstopfen mit der Glascanüle in die Trachea und befestigt ihn durch festes

¹⁾ Donders, Handbuch der Physiologie. 1856. I. S. 402.

Zusammenziehen der Schnur, welche zuerst zweimal über dem Kautschukstopfen geknüpft, dann mehrmals um den hervorragenden Theil des Glasrohres geschlungen und hier abermals geknotet wird. Das letztere ist nothwendig, um ein expiratorisches Herausgleiten des conischen Stopfens aus der Luftröhre zu verhüten. Zum Schlusse wird dann die Hautöffnung durch tiefgreifende, Haut und Muskeln fassende, straff angespannte Nähte wieder luftdicht zusammengezogen.

Das Waldenburg'schen Pneumatometer ist eine an einem Holzständer verschiebbar befestigte, U-förmig gebogene, an beiden Enden offene Glasröhre, von der jeder verticale Schenkel etwa 27 cm hoch ist. Der eine Schenkel ist an seinem Ende birnförmig oder cylindrisch erweitert, im ersteren Falle mit Gaze oder Tüll überzogen, im letzteren Falle durch einen trockenen, nicht gepressten Wattepfropfen zur Abhaltung von Verunreinigungen verschlossen. Der zweite Schenkel ist an seinem oberen Ende rechtwinklig abgebogen zum Ansatz eines Gummischlauches, der zu einem Mund- oder Nasenstück — bei Leichenmessungen auch zur Trachealkanüle — führt. (Bei den Versuchen No. III, V, VI, VII, VIII, XI, XII, XIII, XIX, XX, XXI, XXII und XXIV wurden auch Messungen durch das Nasenstück ausgeführt.) Die gebogene Glasröhre hatte in unserem Falle 9 mm äusseren und 7 mm inneren Durchmesser. Der hölzerne Ständer trägt eine genaue Millimeter-Eintheilung. Von dem in der Mitte der Stativhöhe befindlichen Nullpunkt sind die Maasse nach auf- und abwärts bezeichnet. Die verschiebbare Röhre gestattet jeder Zeit das Niveau der Quecksilbersäule genau auf den Nullpunkt der Scala einzustellen. An dem originalen Waldenburg'schen Pneumatometer tragen beide Röhrenschenkel eine Millimeterscala, doch genügt es vollständig und ist vielleicht sogar zweckmässiger, wenn nur der äussere, mit dem erweiterten Ende versehene Schenkel eine Millimeterscala besitzt. Der Nullstrich muss aber der genauen Einstellung halber stets über beide Röhrenschenkel gehen. Wenn sich nun eine Millimeterscala an dem äusseren, oben erweiterten Röhrenschenkel befindet, so geschieht die Ablesung der Druckschwankungen in der Art, dass die von der Scala abgelesene Zahl mit 2 multiplicirt, und, wenn über dem Nullpunkt, mit einem +Zeichen, wenn unter demselben, mit

einem — Zeichen versehen wird. Der an der Millimeterscala abgelesene Werth muss deshalb verdoppelt werden, weil der angezeigte Druck gleich ist der Höhe der Niveaudifferenzen in beiden Röhrenschenkeln. Dient das Pneumatometer zu Untersuchungen an Lebenden, so muss die Millimeterscala nach auf- und abwärts bis wenigstens 110 reichen, da bei musculösen Personen nicht selten ein Expirationsdruck von 220 mm Hg vorkommt. Wird das Pneumatometer ausschliesslich zu Leichenuntersuchungen verwendet, so reicht eine Scalaeintheilung nach auf- und abwärts bis 60 mm für alle Fälle aus. Für Leichenuntersuchungen empfiehlt sich das Pneumatometer, welches nur auf dem geraden offenen Röhrenschenkel die Millimeterscala trägt, ganz besonders, um Irrungen auszuschliessen, denn bei bestimmten pathologischen Veränderungen kommt es vor, dass auch die Inspirationsbewegung der künstlichen Athmung einen positiven Druck erzeugt. Wenn beide Röhrenschenkel die Eintheilung tragen, und man kein + oder — Zeichen vorsetzt, so können derartige Notirungen späterhin zu ganz bedeutenden Irrungen führen. Die von Lassar¹⁾ angewandte Methode der Ablesung am steigenden Quecksilberschenkel, sowohl bei Inspiration als bei Expiration, ohne Vorzeichen, ist daher für Leichenversuche ganz unbrauchbar. Die Ablesung der Druckschwankungen am Pneumatometer ist bei Untersuchungen am Lebenden auf zweierlei Art möglich. Entweder man notirt die höchste Zahl, bis zu welcher die Quecksilbersäule überhaupt gehoben werden kann, oder man notirt als gefundenen Werth diejenige Ziffer, auf welcher die Quecksilbersäule längere Zeit stehen bleibt. Bei Leichenuntersuchungen ist nur die letztere Art der Ablesung anwendbar. Es wurde bei diesen Messungen die Leiche in der jeweiligen In- oder Expirationsstellung fixirt, und konnte der Quecksilberstand bei diesem Verfahren durch fünf Minuten und darüber unverrückt festgehalten werden. Die Messungen lassen bei diesem Verfahren an Genauigkeit nichts zu wünschen übrig.

Da es unter bestimmten Cautelen möglich ist, die bei Leichenuntersuchungen erhaltenen pneumatometrischen Werthe mit Werthen zu vergleichen, die am Lebenden gewonnen werden, so wird es fraglos von grossem Nutzen sein, das Wesen der

¹⁾ Lassar, O., Zur Manometrie der Lungen. Inaug.-Diss. Würzburg 1872.

beiden oben erwähnten Messungsarten genauer kennen zu lernen, um sich über die Brauchbarkeit und den Werth derselben ein möglichst objectives Urtheil zu bilden. Ich lasse hiezu vor Allem dem Altmeister der Pneumatometrie, Waldenburg, das Wort:

„Hält man die Maske vor Mund und Nase und athmet ruhig und oberflächlich in der gewöhnlichen Weise, so ergiebt das Manometer, sowohl bei der In-, wie bei der Expiration, nur den sehr geringen Ausschlag von 1—2 mm. Dasselbe Resultat erhält man, wenn man das Nasenstück des Pneumatometers in ein Nasenloch einführt und in gewohnter Weise durch die Nase athmet. Es ist hiebei für die Inspiration gleichgültig, ob das zweite Nasenloch mit dem Finger geschlossen wird oder nicht. Die Untersuchung stellte ich an mir selbst und anderen gesunden Personen an. Das Ergebniss stimmt nahezu mit dem von Valentin und Donders gefundenen überein.

Die Kraftentfaltung wird meist sofort gesteigert, sowie die zu untersuchende Person ihre Aufmerksamkeit auf den Athmungsact richtet. Ohne dass dieselbe es intendirt, setzt sie unwillkürlich etwas tiefere Athemzüge an Stelle der gewöhnlichen oberflächlichen, und das Manometer giebt dem entsprechend weit grössere Ausschläge. Es steigt dann das Quecksilber bei der Inspiration leicht bis zu —10 und selbst —20 mm; bei der Expiration gewöhnlich weniger hoch, etwa bis zu 10 bis 15 mm. Hierbei hat der zu Untersuchende noch immer die Empfindung, ruhig und ohne jede besondere Kraftanstrengung zu athmen. Auch wenn ich an mir selbst den Versuch machte und ohne jede Anstrengung, nur tiefer als gewöhnlich, am Manometer inspirirte — sei es durch die Maske, sei es durch ein Nasenloch — stieg das Manometer, je nach der Tiefe des Athemzuges, auf —10, —15 und —20 mm, während es bei ruhiger Expiration — wobei die Expirationsmuskeln nur unbedeutend in Wirksamkeit traten — auf 5 bis 10 mm anstieg.

Ganz anders gestaltet sich das Resultat, sobald der zu Untersuchende tiefe Athemzüge mit seinem Willen direct intendirt und seine accessorischen Hilfsmuskeln für die In- und

Expiration in Bewegung setzt. Geschieht die tiefe Inspiration vollkommen ruhig, nicht forcirt, ohne jede Anstrengung, so steigt das Quecksilber langsam bis zu einem negativen Druck von 30, 40, 50, 60 mm und selbst noch höher an indem der Betreffende die Empfindung hat, diese Werthe in voller Bequemlichkeit erreicht und keine besonders hohe Kraft dabei entfaltet zu haben. Die gleichen positiven Druckwerthe und meist noch höhere, werden bei der ruhigen, aber kräftigen Expiration nach vorhergegangener tiefer Inspiration erzielt. Die Resultate sind nahezu dieselben, ob man die Maske, oder das Mund- und Nasenstück anwendet.

Bei weitem höhere Werthe — und diese sind es, welche für die Pneumatometrie hauptsächlich in Betracht kommen — erhält man, wenn man bei dem Versuch die volle Kraft für die In- und Expiration aufwenden lässt, deren die betreffende Person überhaupt fähig ist¹⁾.

Hierbei sind zweierlei Methoden zu unterscheiden:

1. Lässt man nemlich auf's tiefste plötzlich und forcirt inspiriren, so steigt das Quecksilber schnell bis zu einem Maximum an, kann aber selten kaum eine Secunde auf diesem Maximum durch die Inspirationskraft erhalten werden, sondern sinkt sehr bald wieder zu einem niederen Werthe herab. Das Gleiche geschieht bei schneller forcirter Expiration.

2. Lässt man gleich tief, aber langsam und nur allmählich bis zur vollsten Kraftentfaltung ansteigend inspiriren, so erhebt sich das Quecksilber langsam bis zu einer gewissen Höhe, welche das Maximum des vorigen Versuches nicht erreicht, kann jedoch eine oder mehrere Secunden auf dieser oder einer etwas niedrigeren Höhe durch die Inspirationskraft erhalten werden. Gewöhnlich bleibt das Quecksilber hierbei nicht starr auf demselben Punkte, sondern pendelt herauf und herab zwischen zwei Werthen, die etwa 10—20—40 mm auseinanderliegen. Man kann dann entweder die Mittelzahlen als den gefundenen Werth notiren oder diejenige Ziffer, auf der das Quecksilber

¹⁾ Im schärfsten Gegensatze zu Waldenburg wurde von anderen Autoren gerade den Pneumatometer-Werthen der forcirten Respiration jeglicher Werth für die Erkennung von Veränderungen in der Lunge abgesprochen.

am längsten verharret. Der gleiche Modus gilt für die Expiration.“

Waldenburg nimmt als Endergebniss das Maximum aus sämmtlichen Versuchen an, und bezeichnet das Lassar'sche Verfahren als fehlerhaft. Lassar ermittelte seine Werthe auf folgende Weise: er liess jedes Versuchsindividuum 48 einzelne Athemzüge am Pneumatometer machen, und zwar 1) mit dem Munde, bei mit den Fingern fest geschlossener Nasenöffnung je sechs forcirte und sechs normale (d. h. langsam und stetig ansteigende) Expirationen, dann sechs forcirte und sechs normale Inspirationen. Nach einer Pause, welche nicht eher unterbrochen wurde, als bis das betreffende Individuum vollkommen ausgeruht hatte, wurde dann 2) das Nasenstück nach demselben Modus benutzt, während der Mund fest geschlossen blieb und das zweite Nasenloch mit dem Finger zugespresst wurde. Bei jedem Athemzuge wurde die Höhe notirt, bis zu welcher die Quecksilbersäule gestiegen war, und die Höhe, auf welcher dieselbe kurze Zeit — wenige Secunden — durch Anhalten des Athems gehalten werden konnte. Auf diese Weise erhielt Lassar bei jedem Athemzug zwei Werthe, oder im Ganzen bei jeder Person 96 Zahlen. Die sechs in eine Rubrik befindlichen Zahlen ergaben sodann, addirt und durch sechs dividirt, ein Mittel, ferner ein Maximum und ein Minimum.

Waldenburg hielt die Lassar'sche Methode deshalb für fehlerhaft, weil mit dem Pneumatometer die Maximalkraft gemessen werden soll, welche die Ein- und Ausathmung zu leisten im Stande ist, nicht eine beliebige mittlere Kraft. Exact sei nur die Zahl, welche das Individuum bei seiner grössten Kraftanstrengung producirt.

Ueber die Methode der Messung findet man unter den verschiedenen Autoren wenig Uebereinstimmung. Eichhorst¹⁾ liess langsam und ruhig, aber mit möglichster Kraft athmen und berechnete aus je 6 Versuchen das Mittel. Krause²⁾ notirte

¹⁾ Eichhorst, H., Ueber die Pneumatometrie und ihre Anwendung für die Diagnostik der Lungenkrankheiten. Deutsches Archiv für klin. Med. Bd. XI. H. 3.

²⁾ Krause, F., Pneumatometrische Untersuchungen nach einer neuen Methode. Inaug.-Diss. Berlin 1879.

gleich Waldenburg das Maximum aus mehreren Versuchen forcirter Athmung als Endergebniss. Er stellte seine Untersuchungen mit einem modificirten Pneumatometer an. Er setzte an die Waldenburg'sche Gesichtsmaske ein Rohr, das in zwei Schenkel ausging, von welchem der eine mit dem Manometerschlauch verbunden wurde, während der andere Schenkel frei mit der äusseren Luft communicirte. Biedert¹⁾ wandte bei seinen Untersuchungen die zweite, von Waldenburg verlassene Methode der Messung an. Er liess den Athemdruck allmählich bis auf die höchste erreichbare Höhe treiben und notirte jene Zahl, auf welcher die Quecksilbersäule durch wenigstens 2—3 Secunden gehalten werden konnte. Es fragt sich, welche von beiden Methoden den Vorzug verdient. Von den einzelnen Untersuchern wurden viele Gründe für und wider die eine oder die andere Methode in das Treffen geführt, ohne dass sie jedoch die Gegner von der Richtigkeit der eigenen Anschauung überzeugen konnten. Wir haben es deshalb für nützlich erachtet, auf diese Frage neuerdings einzugehen, weil die Ergebnisse mehrfacher Leichenversuche dieselbe von einer neuen Seite beleuchten. Es gelingt auch an der Leiche, den Typus des ersten Messverfahrens nachzuahmen, wenn man die In- oder Expirationsbewegung kurz und kräftig ausführt. Die Quecksilbersäule wird hiebei zu einer Höhe emporgeschleudert, welche den Werth einer langsamen allmählichen Athembewegung nicht selten um mehr als das Doppelte übertrifft. Die Quecksilbersäule pendelt dann eine Zeit lang, bis sie auf einer Marke stehen bleibt, welche dem Werth einer langsamen Athembewegung entspricht.

Bei der Vornahme der Leichenversuche konnten wir uns der Wahrnehmung nicht verschliessen, dass keine der pneumatometrischen Methoden, welche ein Pendeln der Quecksilbersäule hervorruft, auf besondere Exactheit Anspruch machen darf, denn das Pendeln der Quecksilbersäule ist nichts Anderes, als der Ausdruck einer Stosswirkung. Freilich wird der Ausschlag (i. e. das Pendeln) der Quecksilbersäule proportional sein der Grösse des Stosses. Hierin liegt auch nicht der Fehler der Methode, sondern

¹⁾ Biedert, Ph., Beiträge zur pneumatischen Methode. Deutsches Archiv für klin. Med. Bd. XVII. H. 2.

in der variablen Grösse des Expirationsstosses. Die Grösse des Expirationsstosses hängt ausser von anderen Componenten noch wesentlich, ja man kann sagen, zum grössten Theile ab von der Kraft und Schnelligkeit der Contraction der Bauchpresse. Es ist wohl ohne weiteres klar, dass die Action der Bauchpresse während der Athmung bei verschiedenen Menschen ganz ausserordentlich verschieden ist, und mit dem Zustand der Lungen gar nichts zu thun hat, gleichwohl übt sie bei der forcirten Athmung einen grossen, bei den bisherigen Messungen stets unterschätzten Einfluss auf die Druckschwankungen des Respirationsactes. Die Sache ist so klar, dass man der Mühe überhoben ist, Versuche zu diesem Zwecke auszuführen. Man findet genügendes Material in den bereits vorhandenen Publicationen anderer Untersucher und kann auf diese Weise die unbedingte Zuerkennung strengster Objectivität in der Beurtheilung dieser Frage für sich in Anspruch nehmen. Wir greifen zu dem Zwecke aus der grossen Anzahl von Arbeiten die von Lassar heraus, welche sich durch eine beträchtliche Zahl von umfangreichen und wirklich mustergültigen Notirungen auszeichnet. Die Lassar'schen Notirungen sind schon deshalb von grossem Werthe, weil derselbe beide Methoden, nemlich die der forcirten und die der langsamen tiefen Athmung, in Anwendung brachte und die erhaltenen Zahlenwerthe in übersichtlichen, zur Vergleichung geeigneten Reihen neben einander setzte.

Wir nehmen zwei Beispiele heraus und bezeichnen die erste Person mit A, einen 65 Jahre alten Schuhmacher, bei dem sich die Angabe „schwächlich“ vorfindet und der nach einer genauen Untersuchung als „gesund“ bezeichnet werden musste. Die zweite Person B ist ein 31jähriger grosser Steinhauer.

Beide Personen bringen es bei langsamen tiefen Expirationen auf gleiche Höhe (21 mm Hg). Als Höhe wurde jene Zahl notirt, auf welcher das Quecksilber durch einige Secunden gehalten werden konnte. Diese Zahlen sind keineswegs zufällig gleich, sondern das berechnete Mittel aus längeren Reihen langsamer tiefer Expirationen. Wie sieht es nun bei der Methode der plötzlichen forcirten Athmung aus? Wir hoffen unwillkürlich, dass der 31jährige Steinhauer die Quecksilbersäule höher hinauftreiben wird, als der alte „schwächliche“

Schuhmacher, aber wie haben wir uns getäuscht! Dem „schwächlichen“ Schuhmacher gelingt es, das Quecksilber bis auf 80 mm emporzuschellen (Minimum einer längeren Versuchsreihe 60 mm), während der junge Steinhauer es bei eben so vielen Versuchen nur auf 44 mm bringt (Minimum 30 mm). Dieses Versuchsergebniss lässt uns noch tiefer in das Wesen der forcirten Athmungsmessung blicken und führt uns zu einer wesentlich anderen, aber vielleicht der einzig richtigen Anschauungsweise über den Einfluss der Bauchpresse auf den pneumatometrischen Werth der forcirten Expiration. Offenbar hat der zwar schwächliche, aber agilere Schuhmacher seine Bauchpresse rascher in Contraction versetzt, als der Steinhauer. Der Steinhauer musste schon in Folge seines Berufes eine musculöse kräftige Bauchpresse haben, er konnte seine Bauchpresse wohl mit grosser Kraft wirken lassen, aber nicht genügend rasch in den Zustand stärkster Contraction versetzen.

Das den Manometer-Werth beeinflussende Moment bei der genannten Messmethode ist daher nicht allein die absolute Kraft der Bauchpresse, sondern in höherem Maasse noch die Schnelligkeit der Contraction und die grössere oder geringere Coincidenz der Bauchpresse-Contraction mit dem thoracalen Expirationsact.

Wir müssen daher sagen, der pneumatometrische Werth einer plötzlichen forcirten Expiration ist auch abhängig von folgenden Factoren:

1. von der Kraft der Contraction der Bauchpresse,
2. von der Schnelligkeit der Contraction der Bauchpresse,
3. von der Coincidenz dieser Contraction mit dem thoracalen Expirationsact.

Die stärkste und rascheste Contraction der Bauchpresse und die grösste Coincidenz dieser Contraction mit dem thoracalen Expirationsacte haben wir bei einem Hustenstoss, daher wird auch bei diesem das Quecksilber auf eine ganz enorme Höhe emporgeschleudert. Der Hustenstoss ergiebt dem entsprechend den höchsten pneumatometrischen Expirationswerth. Ein willkürlicher Hustenstoss ist aber nichts Anderes, als der extremste Fall einer plötzlichen forcirten Expiration.

Die drei genannten Factoren: Kraft, Schnelligkeit und Coincidenz der Contraction mit dem thoracalen Expirationsact, hängen wieder ab von der Innervation. Die Raschheit der Innervation, i. e. das Versetzen bestimmter Muskelgruppen in möglichst kurzer Zeit in den Zustand der stärksten Contraction ist zum grossen Theil ein Produkt zweckmässiger Uebung. Am besten illustriren dies die bei verschiedenen Personen erhaltenen Zahlen:

- 1) 45jähriger, mässig kräftiger Arbeiter, gesund,
50—60—80—86—80—80 mm Hg,
- 2) 48jähriger, schwächlicher Knecht, gesund,
50—60—60—70—80—82 mm Hg,
- 3) 61jähriger, kräftiger Schmied, gesund,
50—70—80—70—90—84 mm Hg,
- 4) 26jähriger, kleiner kräftiger Schmied, gesund,
18—22—27—30—30—36 mm Hg,
- 5) 52jähriger, grosser Schneider, gesund,
30—40—56—60—60—60 mm Hg,
- 6) 21jähriger, Spengler mit Spitzeninfiltration,
30—40—60—60—70 mm Hg.

Sämmtliche Beispiele sind der Lassar'schen Arbeit entnommen. Viele Personen bringen es bei wiederholten Versuchen durch Uebung, i. e. Verbesserung der Innervation, hauptsächlich auf immer höhere Werthe. Dieses constante Ansteigen der Pneumatometer-Werthe bei einer Versuchsreihe, die sich nur über einen Zeitraum von wenigen Minuten erstreckt, kann auf gar nichts Anderes zurück geführt werden, als auf eine durch zweckmässige Uebung verbesserte Innervation.

Bei alten Personen oder jungen Individuen, welche zwar über eine gute Innervation, aber nur über eine muskelschwache Bauchpresse verfügen, nehmen die Manometer-Werthe der plötzlichen forcirten Expiration bei öfterer Wiederholung des Versuches rasch ab, während die Werthe der langsamen tiefen Expiration in weiteren Grenzen ziemlich constant bleiben. Beispiele aus der Lassar'schen Arbeit:

- 1) 65jähriger, schwächlicher Schuhmacher, gesund,
forcirte Expiration: 80—60—64—70—60—62 mm Hg,
langsame tiefe Expiration: 40—36—40—40—40—36 mm Hg,

2) 31jähriger Bierbrauer, gesund,

forcirte Expiration: 80—60—40—60—62—58 mm Hg,

langsame tiefe Expiration: 30—24—38—30—30—32 mm Hg,

3) mittelgrosser Schuhmacher, gesund,

forcirte Expiration: 100—46—90—90—50—38 mm Hg,

langsame tiefe Expiration: 24—28—40—44—40—38 mm Hg.

Welchen Einfluss auf eine gute Innervation eine zweckmässige Uebung hat, ersieht man am besten an den Zahlen, die Lassar nach längerer Uebung an sich selbst erreichte. Er erzielte bei der forcirten Expiration einen Maximalwerth von 130 mm Hg! Seine Werthe sind, wie folgt:

forcirte Expiration: 110—110—120—126—130—100 mm Hg,

langsame tiefe Expiration: 80—80—80—70—82—80 mm Hg.

Diese Beispiele könnten wohl genügen, um die Unzuverlässigkeit der ersten ¹⁾ pneumatometrischen Methode überzeugend darzuthun; um aber für alle Fälle auch den geringsten Schein zu meiden, als sei ein rein zufälliges Ereigniss zur Aufstellung eines neuen Dogmas aufgebauscht worden, wollen wir noch ein anderes, recht drastisches Beispiel aus der Arbeit desselben Autors hier anführen:

A ein 63jähriger, grosser „kräftiger“ Müller,

B ein 60jähriger, „magerer“ Schuhmacher.

Bei ruhigen tiefen Expirationen durch die Nase (wobei ein Fehler durch Pressung der Mundhöhlenmusculatur ausgeschlossen erscheint) können beide Personen durch einige Secunden die Quecksilbersäule auf 33 mm Höhe erhalten. 33 mm Hg ist hier ebenfalls der Mittelwerth aus je 6 Einzelversuchen.

Bei der plötzlichen forcirten Expiration erreicht der „kräftige“ Müller A mit Mühe ein Maximum von 50 mm Hg (Minimum 28), während es dem „mageren“ Schuhmacher B gelingt, die Quecksilbersäule bis auf eine Höhe von 124 mm emporzutreiben (Minimum 82). Dabei verfügt B über eine ausgezeichnete Innervation, die er fast bei jeder Wiederholung des Versuches verbessert: 82—104—108—120—124—116 mm Hg. Die analogen Werthe von A betrugen: 50—40—40—36—28—50 mm Hg.

Die Methode der ruhigen tiefen Expiration ergibt bei beiden Personen die gleiche Grösse, die Messung nach der

¹⁾ nemlich Messung bei plötzlicher forcirter Athmung.

Methode der plötzlichen forcirten Expiration — enorme Differenzen, deren Ursache aber keinesfalls in Veränderungen des Lungenparenchyms liegt, denn der Autor hat beide Personen durch die klinische Untersuchung als gesund befunden.

Die Methode der Messung der plötzlichen forcirten Respiration eignet sich daher nicht zu vergleichenden Untersuchungen der verschiedenen Methoden der künstlichen Athmung. Den Werth der künstlichen Athmung beurtheilt man nach der Grösse der Lungenventilation, i. e. des ein- und ausströmenden Luftquantums. Man sollte zum Zwecke einer Vergleichung der verschiedenen Methoden eigentlich mit dem Spirometer messen. Hat man aber kein Spirometer zur Verfügung, so kann man an dessen Stelle auch das Pneumatometer verwenden, wenn man nur genügend langsam in- und expiriren lässt, denn die von dem Pneumatometer angezeigte Luftdruckerhöhung oder Erniedrigung muss bei dieser Art von Messung *direct proportional* sein der Menge der ein- oder ausgeathmeten Luft.

Bei der Messung der plötzlichen forcirten Respiration dient das Pneumatometer als Kraftmesser, — es sollte nach Analogie des Blut-Kraftmessers eigentlich Pneumatodynamometer heissen, — und misst die Kraft der bei der Athmung thätigen Muskeln¹⁾. Da aber Veränderungen in der Kraft der Respirationsmuskeln keineswegs Hand in Hand gehen mit bestimmten Veränderungen des Lungenparenchyms, so ist es durchaus ungerechtfertigt, aus dem Resultate einer Messung der forcirten Athmung Schlüsse auf bestimmte Veränderungen des Lungenparenchyms zu ziehen. Hingegen kann man unter Umständen auf Veränderungen (Hindernisse) in den ausführenden Luftwegen schliessen.

Bei Leichenversuchen ist diese Art der Messung vollends ein Nonsens, da in der Leiche eine derselben inwohnende active Respirationskraft eben so wenig zur Wirkung kommen kann, wie bei einem Scheintodten, der keine selbstständigen Athembewegungen macht. Es misst eigentlich der Operateur seine eigene Kraft, und die Leiche ist nur ein Theil des Dynamometers.

Die Manometer-Werthe dieser dynamometrischen Methode

¹⁾ Gleichzeitig ist es Gradmesser für die Promptheit der Innervation dieser Muskeln.

stehen daher in keinem bestimmten Verhältniss zu der Grösse des Luftwechsels und dem Luftfassungsraum der Lunge (Vitalcapacität). Was die Vitalcapacität betrifft, so findet man Beispiele in der Arbeit von Krause¹⁾. Zwei „gesunde“ Männer A und B, nach der Methode der plötzlichen forcirten Athmung gemessen, hatten folgende Maximalwerthe:

A	für die Inspiration	—80,	für die Expiration	+150,	Vitalcapacität	2650
B	- - -	-65,	- - -	+100,	-	3300.

Wenn A und B wirklich gesund waren, so müsste man aus diesen Resultaten entnehmen, dass A ein kleiner, aber muskelstarker, und B ein grösserer, aber muskelschwacher Mann war.

Das angeführte Beispiel zeigt ausserordentlich deutlich, dass die Pneumatometer-Werthe der forcirten Respiration in keinem Verhältniss und in keiner Beziehung stehen zu dem Luftfassungsraum der Lungen, eine Thatsache, welche sowohl Walddenburg, als Krause hervorheben, aber unrichtiger Weise auf die Pneumatometer-Werthe überhaupt beziehen. Krause sagt sogar decidirt: Mit der Pneumatometrie misst man die zum Zweck der In- und Expiration aufgewendete Kraft, mit der Spirometrie den Effekt, d. h. wie viel Luft ein- und ausgetrieben wird.

Es ist natürlich, dass man am Lebenden mit der Pneumatometrie die Respirationskraft messen kann, aber es hat noch Niemand darauf hingewiesen, dass man mit dem Pneumatometer auch indirect den Effekt der Athmung, i. e. die Grösse des Luftwechsels messen kann, wenn man nach der zweiten Methode (der langsamen Respiration) misst. In diesem letzteren Falle ist das Pneumatometer nur ein Surrogat des Spirometers und die pneumatometrischen Werthe stehen in einem constanten directen Verhältniss zu den Spirometerwerthen.

Um bei der pneumatometrischen Messung am Lebenden die störende Muskelaction auszuschalten, was bei einiger Uebung leicht gelingt, kann man noch einen Schritt weiter gehen und am Lebenden die künstliche Athmung mit der Gesichtsmaske ausführen, selbstverständlich bei langsamer tiefer Respiration, und nach der ergiebigsten Respirationsmethode, welche einen

¹⁾ Krause, a. a. O.

selbständigen Athmungs-Rythmus der ventilirten Person überhaupt nicht zulässt (die vom Verf. angegebene neue Methode). Bei einer, in dieser Weise durchgeführten Messung sind die Pneumatometer-Werthe stets direct proportional den Spirometer-Werthen.

Wer also an der Leiche vergleichende Untersuchungen über die verschiedenen Methoden der künstlichen Athmung vornimmt und sich hiebei des Pneumatometers bedient, darf nur mit der Methode der langsamen Drucksteigerung arbeiten¹⁾.

Lassar, der mit sich nicht einig war, welcher Methode er den Vorzug geben sollte, verzeichnete in seinen trefflichen Notirungen nicht nur die berechneten Mittelwerthe, sondern auch die effektiven Maximum- und Minimumwerthe.

Eichhorst liess bei seiner Untersuchung langsam, aber tief respiriren. Er maass aber nicht die Höhe, auf welcher das Quecksilber einige Secunden erhalten werden konnte, sondern sperrte durch einen zwischen geschalteten Hahn das Manometer in dem Augenblick ab, wo das Quecksilber den höchsten Stand erreichte.

Krause suchte das Pneumatometer durch eine modificirte Maske²⁾ zu verbessern. Er notirte nur die Maximalwerthe der forcirten Athmung, wie Waldenburg. Biedert, der ebenfalls eine eigene Maske construirte, bevorzugt die Methode der allmählichen, tiefen Respiration und notirt jene Höhe, auf welcher die Quecksilbersäule durch wenigstens 2—3 Secunden erhalten werden kann. Im Allgemeinen erhält man bei der

¹⁾ Lassar äussert in Bezug auf die Messung am Lebenden die gleiche Ansicht, ohne sie jedoch eingehender zu begründen, vielmehr brachten ihn die Ergebnisse seiner Messungen auf diese Vermuthung. Lassar sagt: „Bei meinen Experimenten schien mir ferner, dass die Höhe, bis zu welcher die Quecksilbersäule hinaufgebracht wird, von geringerer Bedeutung ist, als diejenige, auf der sie kurze Zeit gehalten werden kann. Die letztere Zahl ist, wie man aus den unten angefügten Tabellen entnehmen kann, in vielen Fällen eine weit constantere, während es sich auch von vornherein annehmen liess, dass sie den eigentlichen Luftdruck genauer angeben würde.“

²⁾ Maske mit zwei Röhren, deren eine mit dem Manometer verbunden wurde, während die andere mit der äusseren Luft communicirte, um neben der Messung noch eine wirkliche Athmung zu ermöglichen.

Verwendung der Biedert'schen Mundmaske etwas höhere, bei Verwendung der Krause'schen Maske, hingegen niedrigere Pneumatometer-Werthe, als durch die Waldenburg'sche Athemmaske. —

Wir haben nun die pneumatometrischen Methoden kennen gelernt und sind zu dem Schlusse gekommen, dass die genauere Methode zweifellos jene der Messung allmählicher, tiefer Respirationen ist, wobei die Quecksilbersäule einige Secunden auf der entsprechenden Höhe gehalten werden kann. Bei der Messung der plötzlichen forcirten Athmung spielen eben zu viele andere Einflüsse eine Rolle, die mit dem Zustande oder den Veränderungen in den Lungen in gar keiner Beziehung stehen und nur zu leicht zu Trugschlüssen verleiten.

Merkwürdig ist es immerhin, dass sogar Waldenburg selbst in einer früheren Arbeit¹⁾ der Messung der allmählichen, tiefen Athmung den Vorzug gab, während er dieselbe Methode später verwarf²⁾. Die erste Methode ergiebt bedeutend höhere Werthe und versprach vielleicht bei ihrer Entstehung die Lungenveränderungen markanter zu charakterisiren. Es ist zweifellos, dass auch die Messung der forcirten Respiration unter gewissen Cautelen brauchbare Resultate ergiebt, nemlich wenn die zu Untersuchenden in der Handhabung des Pneumatometers bereits geübt sind, wenn der untersuchende Arzt den Kranken genau kennt und die Fehlerquellen in richtiger Weise auszuschalten versteht. Wenn also trotz alledem Waldenburg mit der Messung der plötzlichen forcirten Respiration meistens richtige Resultate erhielt, so beweist dies nichts für den Vorzug dieser Methode, sondern zeigt uns nur, — was ja Niemand bezweifelt, — dass Waldenburg in der Beobachtung und richtigen Beurtheilung der Fehlerquellen ein Meister war.

Die exacteste und sicherste Methode der Manometrie der Lungen wäre jene, welche die Wirkung der Bauchpresse bei der Athmung entweder ausschliessen oder wenigstens genau registriren würde. Eine derartige Methode ist aber bis jetzt noch nicht entdeckt worden.

¹⁾ Waldenburg, L., Die Manometrie der Lungen oder Pneumatometrie als diagnostische Methode. Berl. klin. Wochenschr. 1871. No. 45. S. 541.

²⁾ In der zweiten Auflage seines Lehrbuches änderte Waldenburg seine Ansicht über die Messmethoden abermals.

Die in den folgenden Versuchsreihen an der Leiche erhaltenen Manometerwerthe sind nach der zweiten Methode bestimmt: langsam zunehmender Inspirationszug oder Expirationsdruck unter möglichster Vermeidung einer Pendelbewegung der Quecksilbersäule, dann Fixirung der jeweiligen Athemstellung, sobald das Quecksilber den höchsten Stand erreicht hat. Auf diese Weise konnten sämtliche Werthe mit Musse und Genauigkeit abgelesen werden. Wenn man daher die an der Leiche gefundenen Werthe mit den Werthen an Lebenden vergleichen will, so darf man hierbei nur Zahlen verwenden, die bei Messung nach der zweiten Methoden (allmähliche tiefe Respiration, Festhalten der Quecksilbersäule durch einige Secunden auf dieser Höhe) gefunden wurden. Darüber, ob ein solcher Vergleich überhaupt oder unter welchen Cautelen derselbe zulässig ist, wollen wir uns vorläufig jedes Commentares enthalten und auf die Beantwortung dieser Frage erst nach Besprechung der Leichenmessungen zurückkommen.

Bei der Notirung des Sectionsbefundes wurde in der Regel nur auf die Verhältnisse im Brustkorb (Flüssigkeits-, Luft-Ansammlungen) und auf die Veränderungen in den Lungen (Verdichtungen oder Hohlräume) Rücksicht genommen. Die Verhältnisse oder Veränderungen im Abdomen wurden nur dann angeführt, wenn bedeutende Druckanomalien von Seite der Bauchhöhle vorhanden zu sein schienen (Hydrops ascites, Tumoren, Exsudate).

Da bei einer länger fortgesetzten künstlichen Respiration an der Leiche in Folge der hierbei unvermeidlichen Muskeldehnung die Pneumatometer stetig abnehmen¹⁾, so wurde, um die Abnahme dieser Werthe an einer und derselben Methode besser constatiren zu können, vom Versuch Nummer XXIX ab die Methode nach Silvester in der Regel zwei Mal (am Beginn und im Verlaufe, oder am Ende der Versuchsreihe) ausgeführt.

(Schluss folgt.)

¹⁾ Die in einer Versuchsreihe nachfolgenden Methoden sind aus diesem Grunde gegen die vorangehenden stets im Nachtheil.