

Aus der Medizinischen Klinik der Universität in Pavia. Apparate und Operationstechnik für den künstlichen Pneumothorax.

Von Prof. Carlo Forlanini, Direktor der Klinik.

Zur operativen Ausführung des künstlichen Pneumothorax habe ich stets — und zwar schon zur Zeit meiner ersten Kuren (vor 1890) und heute noch — das als „Punktionsmethode“ bezeichnete Verfahren angewendet. Es wurde so benannt, weil dabei der Stickstoff mittels einer direkt in die Brustwand eingestochenen dünnen Hohnadel, ähnlich den üblichen, zu subkutanen Infektionen verwendeten, in die Pleura eingeführt wird. Das Verfahren habe ich bereits auf dem 1894 zu Rom abgehaltenen Internationalen Kongreß kurz dargelegt und später in dieser Wochenschrift 1906, No. 35, sowie in der „Therapie der Gegenwart“ 1908 genau beschrieben.

Von vielen Seiten (Brauer, L. Spengler, v. Muralt u. a.) wurde gegen dieses eingewendet, daß hierbei die zur erstmaligen Ausführung nötigen Eingriffe die Gefahr einer Gasembolie nach sich ziehen müssen. Daher sei die Methode abzulehnen und an deren Stelle die von Murphy empfohlene „Schnittmethode“ anzuwenden, so genannt, weil bei diesem die Stickstoffeinführung mittels einer dicken, stumpfen Hohnadel durch die durch vorheriges Einschneiden der Brustwand bloßgelegte Serosa hindurch bewerkstelligt wird.

Dieser schwerwiegende Einwand ist sowohl theoretisch als auch praktisch unbegründet. Die Punktionsmethode ist sowohl bezüglich der zur ersten Erzeugung des Pneumothorax als der zu den weiteren Stickstoffzufuhren erforderlichen Eingriffe ohne alle Gefahr, namentlich ist die einer Gasembolie hierbei auszuschließen. Ich rede hier natürlich von meiner Punktionsmethode, wenn diese unter strengster Befolgung der von mir gegebenen Vorschriften angewendet wird.

Andererseits ist meine Erfahrung hierin (von 1908) größer, vor allem aber vollständiger geworden. Da ich in der langen vorherigen Zeitperiode der einzige war, der die Pneumothoraxbehandlung vornahm, so hatte ich diese auf solche Fälle beschränken müssen, die eine klare, sichere Indikationsstellung gewährten, und diese waren auch zugleich die einfachsten und leichtesten. Durch die in medizinischen Kreisen dem Pneumothorax zuteil gewordene günstige Aufnahme aufgemuntert, erweiterte ich den Bereich meiner Kuren, indem ich diese auch auf manche unsicheren, komplizierten, schwierigen Fälle ausdehnte. Dadurch fand ich mich neuen Umständen und Schwierigkeiten gegenübergestellt, die mich veranlaßten, meine Ansichten über Indikation und Durchführung der Behandlung, sowie meine Apparate und Operationstechnik einigermaßen zu modifizieren. Dank den dadurch erzielten Verbesserungen sind die Apparate und deren Handhabung einfacher geworden, die Gefährlosigkeit der Eingriffe, die jetzt auch von jedem Landarzt ausgeführt werden können, tritt noch deutlicher hervor.

Es muß zunächst unterschieden werden zwischen den zur erstmaligen Pneumothoraxerzeugung und den zur weiteren Ver-

sorgung des bereits erzielten Pneumothorax erforderlichen operativen Eingriffen, ferner zwischen denen bei sicher und hinreichend durchgängiger Pleura und denen in solchen Fällen, wo letztere keine nachweisbare bzw. eine geringe oder unsichere Durchgängigkeit besitzt. Für alle diese Fälle ist der gleiche Apparat verwertbar, verschieden ist hierbei nur das Operationsverfahren.

A.

I. Eingriffe zur erstmaligen Stickstoffeinführung bei sicher durchgängiger Pleura.

Der Eingriff zerfällt in zwei gesonderte, sich aber gegenseitig ergänzende Teile: das Feststellen der Durchgängigkeit der Pleura und den eigentlichen operativen Eingriff.

Auf die Notwendigkeit einer von vornherein anzustellenden genauen Untersuchung der Pleura auf ihre Durchgängigkeit lege ich deshalb ein besonderes Gewicht, weil diese mit der Ausführungsweise des operativen Eingriffes sowie mit dessen Sicherheit innig zusammenhängt und weil folglich deren Sicherstellen einen integrierenden Teil meines Verfahrens ausmacht. Umso nachdrücklicher aber möchte ich eine solche Notwendigkeit betonen, als diese allgemein verkannt wird; es sind zwar in einer geringen Anzahl von Publikationen manche flüchtigen Hinweise auf die mit Hilfe der Radioskopie und der Perkussion erkannte Beweglichkeit des Lungenrandes anzutreffen, aber in keiner, selbst nicht in den mit anderweitigen minutiösen Befunden doch so reich ausgestatteten, finden sich — gerade von seiten derjenigen, die der Punktionsmethode die Gefahr einer Embolie vorhalten — erschöpfende Angaben über die Durchgängigkeit der Pleura, oder doch solche, die, in einer genau detaillierten praktischen Weise formuliert, es gestatten würden, auf eine Erkenntnis ihres großen Wertes, ja ihrer Unerläßlichkeit zu schließen.

Allerdings wird es in vielen Fällen möglich, einen Pneumothorax durch Einführung der Nadel, ohne vorherige Feststellung der Durchgängigkeit der Pleura — d. h. blindlings — zustande zu bringen, und ich gebe bereitwilligst zu, daß man so die Gefahr einer Embolie heraufbeschwören kann; allein, wenn ein derartiges Verfahren sich auch ganz allgemein als „Punktionsmethode“ bezeichnen läßt, so muß ich hierzu bemerken, daß es nicht das meinige ist.

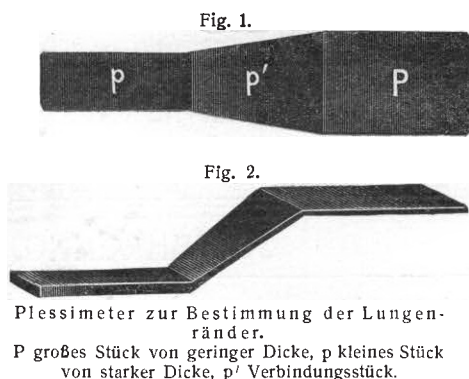
Sicherstellung der Durchgängigkeit der Pleura.

Grundbedingung ist es für diesen Eingriff, daß der Stickstoff passiv in den Thorax eindringe, sozusagen in diesen hinein aspiriert werde, vermöge der normalen Dekompression der Pleura. Es ist daher vor allem nötig, daß sich diese als durchgängig erweise; ist dies aber nicht der Fall, so muß der Eingriff unterlassen werden. Wie leicht begreiflich, braucht dabei nicht gerade der ganze Hohlraum frei zu sein; es genügt hierzu auch eine nur partielle Durchgängigkeit, ja selbst eine geringe, die aber in dem Maße sein muß, das Aufsaugen von etlichen Zentimetern Wasser zu gestatten.

In den allermeisten Fällen ist die Pleura durchgängig — wenn sie es überhaupt ist — an den Lungenrändern, namentlich am unteren. Totale Symphyse der unteren Regionen bei Durchgängigkeit irgendeines oberen Flächenstückes ist ein recht seltenes Vorkommnis. Mittels Röntgenuntersuchung und Perkussion läßt sich daher die im Hinblick auf die inspiratorische Senkung des Lungenrandes in den Komplementärraum sichergestellte Durchgängigkeit genau bestimmen. Der radioskopische Befund ist nicht so detailliert und vollständig wie

der perkussorische. Daher ist die Perkussion das beste und praktischste Mittel, um die Pleuradurchgängigkeit überhaupt, ihren Sitz und einigermaßen auch die Ausdehnung des durchlässigen Abschnittes festzustellen.

Die hierbei zu untersuchenden Lungenrandabschnitte sind der ganze untere rechte bzw. linke Rand sowie jener der Incisura cardiaca. Der Sitz dieser Abschnitte sowie ihre expiratorischen Bewegungen lassen sich mittels einer äußerst schwachen, mit einem leichten, von mir seinerzeit beschriebenen¹⁾, in Fig. 1 und 2 abgebildeten Perkussionshammer



angelegt werden (wie in Fig. 2) oder in der Richtung der stärkeren Dicke (wie in Fig. 2 — Lineare Perkussion); der hierbei erhobene Befund ist sehr genau; durch ihn können sogar, wenn günstige phonetische Thoraxverhältnisse dabei mithelfen, die Bewegungen des Lungenrandes selbst bei ruhiger Atmung ermittelt werden.

Die Beweglichkeit des Lungenrandes ist — selbst beim gesunden Menschen — etwas Kompliziertes, aus mehreren variablen Faktoren (Ausdehnbarkeit des Lungengewebes und des Brustkorbes, Leistungsfähigkeit der Atmungsmuskeln, Bauchpresse) Resultierendes. Als Mittelwerte können nachstehende betrachtet werden: die totale Mobilität (= aktive expiratorische + passive + aktive inspiratorische Mobilität) beträgt in der mittleren Axillaris 10, in der Mamillaris 8, in der Parasternalis 4 cm; die aktive inspiratorische in der Angularis scapulae 3 cm. Merkliche Unterschiede in den beiden Thoraxhälften bestehen hierin nicht. Die Mobilität der Incisura cardiaca ist derartig, daß die ganze oder nahezu die ganze absolute Herzdämpfung von ihr verdeckt wird. Mit einem Worte: es entspricht das respiratorische Exkursionsgebiet des Lungenrandes ungefähr demjenigen des ganzen Komplementärtraumes der Pleura.

Die Beweglichkeit des Lungenrandes wird geschwächt, ja sogar aufgehoben nicht nur durch krankhafte Veränderungen der oben erwähnten Faktoren, sondern auch infolge Veränderungen der Pleura, und gerade diese sind es, die bei der Pneumothoraxbehandlung am schwersten ins Gewicht fallen. Bei der respiratorischen Exkursion nehmen sämtliche Stellen der Lungenoberfläche eine tiefere Lage ein, und in einem von der Spitze gegen die Basis hin allmählich stärkeren Maße; die Stellen der äußersten Spitze bleiben hierbei unbeweglich, während jene des Lungenrandes das Maximum der Dislokation erfahren. Stößt nun diese letztere an irgend einer Stelle der Oberfläche — wenn auch im oberen Teil der Lunge — auf ein Hindernis, so wird dadurch die Abwärtsbewegung des Lungenrandes in einem je nach Sitz und Ausdehnung des adhärenierenden Anteils variierenden Maße verringert. Allerdings gelingt es im Einzelfalle sehr schwer, aus der verringerten Dislokation des Lungenrandes auf den Sitz und die Ausdehnung der hierbei bestehenden Verwachsung einen Schluß zu ziehen, allein — und darauf kommt es zunächst an — hat sich der Lungenrand als beweglich herausgestellt, so ist man zur Annahme berechtigt, daß die Pleura durchgängig ist, und zwar nicht nur am Rande und im Komplementärtraume, sondern wohl auch oben, und dies in einer Weite, die man — bis zu einem gewissen Punkt — als mit dem Mobilitätsgrad des Lungenrandes zusammenhängend betrachten kann.

Operativer Eingriff. Ist nun einmal die Durchgängigkeit der Pleura sichergestellt, so kommt es zunächst darauf an, daß man die Nadel in die Thoraxwand nur soweit einführt, daß sie bei ihrem Eindringen in die Lunge nicht über die Pleurae hinausfährt. Es muß daher der Operateur den Augenblick abpassen, wo die Spitze des Instruments sich zwischen den Pleurae befindet. Dem Leser ist es bekannt, wie mein alter, von mir gelegentlich meiner Mitteilung von 1906 beschriebener Apparat dieser Anforderung entspricht.

Mittels des Richardsonschen Doppelgebläses R wird der Stickstoff in seinem Behältnis auf einen schwachen Druck gebracht, auf einen solchen, bei dem der Tonus der Brustweich-

teile schon allein hinreicht, um das Gas am Entweichen aus der Hohlneedle zu hindern, wenn diese bei offenem Apparat durch die Thoraxwand hindurchgeht. Der Druck soll hierbei möglichst schwach sein und wird mit Hilfe des Manometers M — dessen Säule nur um etliche Zentimeter steigen darf — geregelt, sowie durch vorheriges Eintauchen der Nadelspitze ins Wasser, wo das Gas nur in kleinen, vereinzelt Bläschen entweichen darf. Der schwache Druck ist hier notwendig, um den Stickstoff in den Stand zu setzen, das vom Filter entgegengesetzte Hindernis — das die schwache Aspiration von seiten der Pleura vereiteln könnte — zu überwinden. Wenn nun bei langsamer, gleichmäßiger, in normaler Weise bewerkstelligter Einführung der Nadel in die Thoraxwand ihre Spitze — oder eigentlich die Spitze ihres Fensters — die parietale Pleura durchstoßen hat, so saugt die Pleura den Stickstoff aus dem Apparat, was sofort an dem Sinken der Manometersäule (mein Manometer zeigt auch schon das Entweichen eines Bruchteiles von 1 ccm an) erkannt wird. Da läßt man die Nadel nicht weiter vordringen; hierauf wird der Druck des Apparates von einem das Doppelgebläse R handhabenden Assistenten erhöht, um dadurch ein schnelleres Vorgehen des Eingriffes und zugleich die Einführung der erforderlichen Stickstoffmenge zu ermöglichen.

Geht man auf diese Weise vor, so erscheint der Gedanke an die Gefahr einer Embolie erst dann gerechtfertigt, wenn man zugleich die Möglichkeit eines Eindringens der Nadel in ein Lungen- bzw. Pleuragefäß gelten läßt. Nun aber ist eine solche Möglichkeit — auch von dem Zweifel abgesehen, daß der schwache Druck die nötige Kraft besitze, den Stickstoff in ein Gefäß hineinzutreiben — wohl auszuschließen. Nachdem einmal die Durchlässigkeit der Pleura innerhalb des Operationsfeldes und somit die normale Beschaffenheit der beiden Serosae sowie das Nichtvorhandensein von Verwachsungen sichergestellt ist, so erscheint aus theoretischen Gründen die Annahme wohl kaum zulässig, es könne — bei genauer Befolgung der diesbezüglichen Vorschriften — die Nadel über die Pleurae hinaus in die Lunge hineindringen; in praktischer Hinsicht aber bin ich in der Lage anzugeben, daß bei der in 98 Fällen mit Hilfe meines alten Apparats durchgeführten Erzeugung des Pneumothorax Embolie überhaupt niemals vorgekommen ist.

Es wurde in dieser Richtung eingewendet, ich hätte selber von zwei mir vorgekommenen Emboliefällen gesprochen. Ganz richtig: die beiden Fälle sind wirklich eingetreten, allein erst beim Vornehmen weiterer Zufuhr, d. i. bei bereits bestehendem Pneumothorax. Ich habe dieses letzteren Umstandes keine Erwähnung getan, weil ich die später erfolgte Bemängelung des Verfahrens nicht voraussehen konnte; übrigens habe ich auf die beiden Fälle nur flüchtig hingewiesen. In dem einen, bei dessen Obduktion die Diagnose auf Embolie ihre Bestätigung gefunden hatte, bestand der Pneumothorax bereits seit längerer Zeit; er war vorn etwas dünn. Der Unfall ist wahrscheinlich auf irrtümliche Bewertung seiner Dicke zurückzuführen; die Nadel war durch die ganze Gasmasse hindurch in die Pulmonalpleura bzw. in die Lunge eingedrungen. — Im anderen Falle bestand der Pneumothorax seit einigen Tagen; infolge vorhandener Verwachsungen aber war er klein und ungleichmäßig, und die einzelnen Stickstoffzufuhren wurden sehr schmerzhaft empfunden. Der Unfall ereignete sich bei der zwölften Einführung, wahrscheinlich infolge Eindringens der Nadel in eine Pleuraverwachsung. Die Diagnose auf Embolie war jedoch nur klinisch gewesen, da die Obduktion nicht bewilligt wurde. — Eben diese beiden Fälle sind es gewesen, die mir die Anwendung einer Sicherheits-Hohlneedle nahegelegt haben.

Dagegen bin ich in zwei Fällen von erstmaliger Einführung eklampischen Erscheinungen begegnet; dies erwähne ich, um L. Spenglers Ansicht, es seien die von mir beschriebenen Vorkommnisse embolische, in Betracht zu ziehen. Wenn wir die interessante Frage über die Natur der bei Pneumothoraxeingriffen möglicherweise sich ereignenden Unfälle — ob nämlich diese Embolievorkommnisse sind oder Reflexvorgänge, die von der Pleura ausgehen — vorläufig unberührt lassen, so bin ich hier auf Grund der in den beiden Fällen beobachteten Begleiterscheinungen in der Lage auszuschließen, daß besagte Unfälle embolische gewesen.

In dem einen (auch in meiner zitierten Arbeit mitgeteilten) Falle war die Sache in einem gewissen Zeitpunkt der Nadeleinführung ganz plötzlich eingetreten, wahrscheinlich in dem Augenblick, wo die Nadel die Pleura erreicht hatte, früher noch, als überhaupt Stickstoff aus dem Apparat getreten war.

Im zweiten Falle bestand akute Pleuritis mit Erguß in die untere Thoraxhälfte; die Nadel wurde hierbei in die flüssige Masse eingeführt, wovon ich mich durch Aspiration mittels der Sicherheits-Hohlneedle überzeugt hatte. Die ganze Einführungszeit hindurch war — auch vom

¹⁾ C. Forlanini, II Morgagni, giugno 1889.

Patienten selbst — das Gurgeln des Stickstoffs in der Flüssigkeit deutlich vernommen. Man hatte etwa 250 ccm erreicht, als plötzlich der eklampische Anfall sich einstellte. — Interessant sind in diesem Falle die bei den späteren Einführungen einige Tage hindurch eingetretenen Erscheinungen. Bei der zweiten — zwei Tage später in derselben Weise bewerkstelligten Zufuhr — kam, nachdem 220 ccm Stickstoff eingeführt worden, ein neuer, diesmal noch heftigerer Anfall zum Ausdruck. Bei der dritten, fünf Tage später nach demselben Verfahren vorgenommenen Einführung — nur daß hier nach vorheriger lokaler Einspritzung von Stovain in die Wanddicke 75 ccm Stickstoff eingeführt wurden — machten sich unverkennbare Zeichen eines dritten Anfalls bemerkbar, sodaß ich von jeder weiteren Zufuhr Abstand nahm. Vier weitere kleinere, 50—60 ccm betragende und stets nach vorheriger Stovaineinspritzung vorgenommene Einführungen hatten keinerlei Nebenerscheinung hervorgerufen. Als jedoch bei der siebenten Einführung die Stovaineinspritzung vorsätzlich unterlassen wurde, da stellten sich die Vorboten des Anfalles wieder ein, namentlich die eigentümliche zyanotische Marmorierung der Haut am Halse und der oberen Partie des Thorax, was mich veranlaßte, von weiteren Einführungen abzustehen. Keinerlei Nebenerscheinung zeigte sich dagegen bei der achten Einführung, ebenso bei allen späteren, unter Zuhilfenahme von Stovain ausgeführten. Sämtliche Anfälle schwanden binnen kurzer Zeit.

Der irritativ entzündliche Zustand der Pleura erklärt nun die Leichtigkeit, mit der sich die Anfälle wiederholten. Später, nach Erlöschen des akuten Prozesses und Absorption des Ergusses, konnte die Behandlung regelmäßig, ohne Anwendung von Stovain fortgesetzt werden.

Und was das Eindringen der Nadel in ein Blutgefäß der Brustwand anlangt, so ist aus experimentellen Gründen die Gefahr einer Embolie gleichfalls auszuschließen. Das Eindringen von Stickstoff in ein Gefäß — das gegebenenfalls nur eine Vene sein könnte — des großen Kreislaufs in der Menge und mit der Langsamkeit, womit der Pneumothorax erzeugt wird, vermag wohl kaum Embolie zu veranlassen.

Ueber den Eintritt von Gas in den Kreislauf belehren uns seit langem sowohl klinische Erfahrungen (Aspiration von atmosphärischer Luft von seiten durchschnittener Venen bei chirurgischen Eingriffen in der Nähe von großen venösen Bahnen, Hals, Gehirnsinus, Uterus), als auch Tierexperimente und Heilversuche. Sehr spärlich sind dagegen unsere Kenntnisse über die Gasembolie des Gehirns; die wenigen, die wir besitzen, beziehen sich auf Embolien infolge Gasentwicklung im Blute (bedingt durch chemische Gifte oder durch Mikroorganismen oder durch Aufenthalt in Kästen mit komprimierter Luft bei Wasserbauten) und nicht — soweit mir wenigstens bekannt ist — auf solche durch unmittelbares Eindringen von Gas in den äußeren Kreislauf, wie dies eben bei der operativen Erzeugung des Pneumothorax der Fall sein sollte. Um diesen Punkt klarzulegen, habe ich eine Reihe von Tierversuchen (Hunde) angestellt, deren Ergebnisse ich hier kurz mitteile.

Beim Schwindsüchtigen mit pleuralen Adhäsionen weicht der Lungenkreislauf in einem wichtigen Punkte von der Norm ab. Normalerweise bildet der Lungenkreislauf ein abgeschlossenes, zum großen Kreislauf in keinerlei Beziehung stehendes Ganzes. Beim Schwindsüchtigen mit Pleuraadhäsionen kommt es aber, wie Guyot-Bourg (*Clinica medica italiana*, 1906) nachgewiesen, zu weitgehenden Kommunikationen zwischen den beiden Kreisläufen.

Bekanntlich werden die weiten Herde der Schwindsucht, ehe sie zum Stadium der käsigen Entartung gelangen, allmählich bis zur völligen Ischämie blutleer, wodurch weitausgedehnte Bezirke des Lungenkreislaufes undurchgängig werden. Allein das in den entsprechenden Aesten (Terminalästen) enthaltene Blut findet — durch die den oberflächlich gewordenen Herden entsprechenden Pleuraadhäsionen hindurch — einen kollateralen Abflußweg in den Venen der Brustwand. Die in den frisch entstandenen Exsudaten und bei adhäsiver Pleuritis in den beiden Serosae neugebildeten Gefäße sind eben diejenigen, die durch ihre gegenseitige Anastomosierung eine erste Kommunikation schaffen zwischen dem Kreislauf der Lunge und jenem der Brustwand und so dem Blut der obliterierten Gebiete einen ersten Durchgang gestatten. Anstatt aber zu obliterieren — wie dies für gewöhnlich bei der bindegewebigen Umwandlung der Exsudate nahezu stets der Fall ist — bleiben solche Gefäße — um ihre neue Verrichtung, d. i. den Abfluß des Lungenblutes, besorgen zu können — noch bestehen, ja ihre Entwicklung wird immer stärker, sodaß es schließlich zur Bildung eines angiomatös aussehenden, weite Lücken enthaltenden vaskulären Geflechtes kommt. Und dies nicht allein in den eigentlichen Pleuraverwachsungen, sondern auch — wie ich konstatiert habe — in den pleuralen Ausläufen sowie in den in der Nachbarschaft der Herde der Phthise vorkommenden Narbenbildungen. Ein in die Aeste der Pulmonalis getriebener Farbstoff erfüllt nicht nur diese vaskulären Neubildungen, sondern er gelangt auch in die Interkostal- und in die Diaphragmavenen hinein.

Nach Guyot-Bourgs Auffassung soll also bei der Schwindsucht mit Pleuraadhäsionen ein neuer kleiner Kreislauf zustande kommen,

auf dessen Wege ein Teil des aus dem rechten Ventrikel vorkommenden Blutes sofort wieder zum rechten Herzen zurückströmt, ohne hierbei die Lungenkapillaren, das linke Herz und den Aortabaum zu passieren — wodurch es der respiratorischen Funktion entzogen wird —, während zugleich die hydraulischen Schwierigkeiten des rechten Ventrikels vermindert wären. Zu dem genannten Abzugskreislauf gehören auch die reichlichen Neubildungen der Pleura, in denen — wenn Guyot-Bourgs Auffassung der Wirklichkeit entspricht, wie dies auf Grund mehrfacher Umstände wohl anzunehmen ist — die Stromrichtung von der Lunge nach dem großen Kreislauf hin gehen würde.

Bei der operativ bewerkstelligten erstmaligen Stickstoffeinführung könnte die Nadel eventuell entweder in ein ziemlich weites Gefäß des normalen Lungenkreislaufs oder aber in die vaskulären Neubildungen der Pleura eindringen. Im ersteren Falle würde das Gas zum linken Herzen und ins Aortasystem, im letzteren aber (ganz oder teilweise?) in die Brustvenen und ins rechte Herz und von da durch die Lungen hindurch ins linke Herz und in die Aorta befördert werden. Nebenbei sei hier noch bemerkt, daß, um die Nadel in den Stand zu setzen, ein nur einigermaßen weites Lungengefäß zu erreichen, man sie tiefer einstoßen müßte, als dies bei einem gehörig ausgeführten operativen Akt der Fall ist, und daß, wenn auch die vaskulären Neubildungen der Pleura oberflächlich sind und daher nahezu unvermeidlich, diese doch stets bedeutenden, oberflächlichen, leicht erkennbaren und daher leicht vermeidlichen Herden des Lungenprozesses entsprechen, während sie bei anderen Adhäsionsformen — z. B. bei den durch vorhergegangene Pleuritiden bedingten — nicht vorhanden sind.

[Ich habe durch Tierversuche (Hunde) mich experimentell mit der Frage befaßt, ob ein in den Kreislauf eingeführtes Gas der Luft (atmosphärische Luft, Sauerstoff, Stickstoff) auch die Entstehung einer Gasembolie im Gehirn zur Folge haben müsse und welches in bezug auf Menge und Beschaffenheit des Gases, auf die Geschwindigkeit der Einführung und auf den Abschnitt des Kreislaufes, wo letzteres stattgefunden hat, deren Modalität ist, vor allem aber habe ich getrachtet, von diesem Standpunkte aus das Schicksal des in die Venen des großen Kreislaufes, in den linken Ventrikel und in die Carotis primitiva eingeführten Gases kennen zu lernen.

Die dabei erzielten Resultate sind nun folgende gewesen:

1. Die Einführung von Gas in eine Ader des großen Kreislaufes (Jugularis) ruft einen Symptomenkomplex hervor, ganz ähnlich dem von den Chirurgen beschriebenen bei Luftaspiration in die durchschnittenen Venen, dessen Gefährlichkeit ganz besonders mit der Geschwindigkeit der Einführung zusammenhängt. Die rasche Einführung hat stets den Tod zur Folge unter den Symptomen einer enormen Dilatation des rechten Herzens und der Synkope. Minder rasche Einführung ruft ähnliche Symptome hervor (Vergrößerung der Herzdämpfung; kollerndes Luft- und Wassergeräusch im Herzen, selbst in einiger Entfernung vernehmbar; Frequenz, Kleinheit, Unregelmäßigkeit des Herzspitzenstoßes), die eine Abnahme erfahren und auch schwinden können, wenn die Injektion sistiert wird. Auch läßt sich für jedes einzelne Tier eine bestimmte Geschwindigkeit ermitteln, die es gestattet, damit lange fortzufahren, ohne irgendwelche Erscheinung hervorzurufen. So lassen sich z. B. bei mittelgroßen Hunden 10—12 ccm. Gas per Minute sogar über eine halbe Stunde hindurch injizieren. — Niemals kam bei Injektion in die Venen des großen Kreislaufes eine Gasembolie des Gehirns zur Beobachtung, und ebensowenig ließen sich Unterschiede bezüglich der Art des eingeführten Gases (Sauerstoff, Stickstoff) feststellen.

2. Die Einführung in die rechte Kammer und die Carotis primitiva gibt stets Anlaß — selbst bei Anwendung von weit kleineren Gasmenngen — zu schweren Embolieerscheinungen; nur sehr geringe Mengen können ohne Hervorrufung von Krankheitserscheinungen injiziert werden.

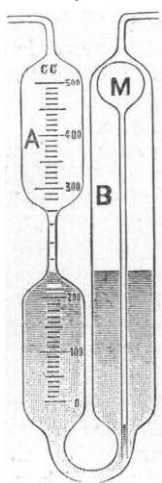
Ich habe zu diesem Zwecke an 48 Hunden Versuche¹⁾ angestellt, wovon 17 bei sehr rascher Einführung (die Nadel einer mit der erforderlichen Gasmenge geladenen Spritze wurde in die bloßgelegte, mittels einer Falzsonde gehobene Carotis primitiva eingestoßen und möglichst rasch in das Gefäß entladen), 18 bei langsamer Gaseinführung, d. i. ungefähr so rasch wie bei erstmaliger Erzeugung des Pneumothorax; die letzten 13 bei unmittelbarer Einführung in den linken Herzventrikel, und zwar bald rasch, bald langsam. Der linke Ventrikel, oder eigentlich dessen Spitze, läßt sich ziemlich schnell auffinden (D'Agata) mittels eines von der Basis des Schwertfortsatzes ausgehenden, die Weichteile, den Rectus abdominalis und den M. triangularis des Sternums durchsetzenden Einschnittes; der Ventrikel wird dann mit einem in die Schnittwunde eingeführten Finger erreicht, unter dessen Führung die Nadel vorwärts geschoben wird. Zuweilen entstand hierbei linksseitiger Pneumothorax, seltener rechtsseitiger, was jedoch den operativen Akt in keiner Weise behinderte. Das Tier wurde stets am darauffolgenden Tage geopfert, um das Eindringen der Nadel in den linken Ventrikel zu erkennen.

Aus meinen Versuchen ergibt sich, daß, wenn das Gas ungefähr mit derselben Geschwindigkeit in den Kreislauf eingeführt wird wie bei erstmaliger Erzeugung des Pneumothorax, sich Mengen von 6—8 ccm

¹⁾ Aus räumlichen Gründen habe ich hier von der Wiedergabe der Tabellen absehen müssen.

direkt in die linke Herzkammer und solche von 2–3 cm in die Carotis primitiva einführen lassen, ohne daß dadurch Embolie erzeugt wird. Es wäre gewiß interessant, den Mechanismus dieser Erscheinung kennen zu lernen — wenn es auch möglich ist, sich ihn von vornherein zu denken — allein dies würde aus dem Rahmen der vorliegenden Arbeit hinaustreten. Ueberdies ist in der menschlichen Praxis noch zu berücksichtigen, daß man es mit Subjekten zu tun hat, die wenigstens noch einmal so groß sind als meine Versuchshunde, und daß bei zufälligem Eindringen der Nadel in ein Gefäß das Gas nicht in den linken Ventrikel, sondern weiter oben eintreten würde. Aus den mitgeteilten Resultaten ergibt sich die Möglichkeit einer wichtigen praktischen Anwendung, wovon weiter unten die Rede sein wird.

Um aber jeden wegen des schwachen Initialdruckes des im Apparat enthaltenen Stickstoffs noch bestehenden Zweifel zu zerstreuen, habe ich, nachdem das gegen mein Verfahren erhobene Bedenken zu meiner Kenntnis gelangt war, diesen schwachen Druck sofort durch eine geringe leichte Modifikation an Apparat und Technik beseitigt. Da nämlich der schwache Initialdruck nichts anderes bezweckt, als die Ueberwindung des vom Filter entgegengesetzten Widerstandes zu ermöglichen, so gelang es leicht, diesen letzteren und damit jeden Zweifel durch Abschaffung des Filters und Ladung des Apparats mit bereits filtriertem Stickstoff zu beseitigen. Zur Vornahme des erstmaligen Eingriffes wird der Apparat in der Weise hergerichtet, daß die Flüssigkeit in beiden Behältnissen gleiches Niveau hat; hierbei steht das Ventil offen und der Stickstoff unter atmosphärischem Druck, sodaß der Apparat auch zugleich ein auf 0 gestelltes Wassermanometer ist (Fig. 3).



Schema meines früheren Apparates, modifiziert durch zentrale Verengung des Stickstoffreservoirs. A graduirtes Stickstoffreservoir, in der Mitte verjüngt. B Manövriervorbehälter, M Manometer.

Sobald nun bei Vornahme des operativen Eingriffes die Nadel die Pleura erreicht hat, steigt infolge Aspiration von dieser letzteren aus die Flüssigkeitssäule im Behälter A, während sie im Behälter B um das Gleiche sinkt; der hierdurch entstandene Niveauunterschied hängt mit dem Aspirationsgrade der Pleura zusammen. Ist nun einmal dieser Unterschied vorhanden und in stetigem, wenn auch langsamem Wachsen begriffen — was unverkennbar darauf hindeutet, daß der Stickstoff frei in die Pleura eingedrungen ist und noch immer fort eindringt — so wird von einem Assistenten das Ventil geschlossen und hierauf durch Handhabung des Doppelgebläses R der Eingriff beendet. Dank diesem Vorgehen wird der Stickstoff schon initial aspiriert und in keiner Weise in die Pleura getrieben, somit jede Möglichkeit einer Gasembolie ausgeschlossen.

Dieser Niveauunterschied stellt sich sofort ein und ist selbst bei sehr kleinen Hohlräumen der Pleura ganz auffällig. Mit

diesem Verfahren habe ich leicht und mit Sicherheit eine Anzahl von erstmaligen Einführungen zustandegebracht.

Der Niveauunterschied ist schon beim Meerschweinchen wahrnehmbar (einige Millimeter), stärker beim Kaninchen; beim Hunde beträgt er — je nach der Größe des Tieres — 1–2 cm; beim Menschen kann er auch 4 cm übersteigen.

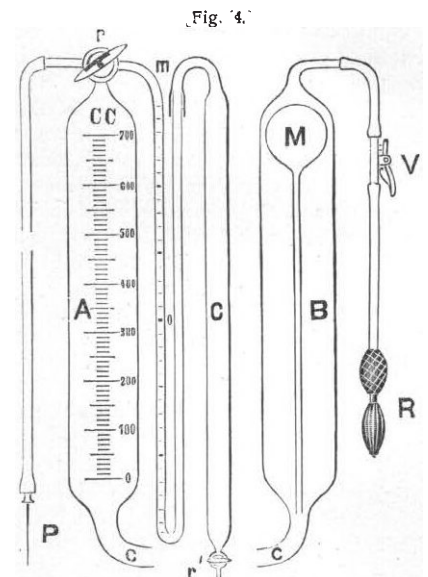
Uebrigens wird die Empfindlichkeit des Apparats um ein Bedeutendes erhöht durch die in Fig. 3 veranschaulichte Modifikation: infolge des starken Unterschiedes zwischen dem Durchmesser des Gefäßes B und jenem des dünnen Ansatzstückes des Gefäßes A ist das Steigen der Flüssigkeit in diesem letzteren beträchtlich, und der Niveauunterschied wird mit größerer Raschheit auffällig.

Der Gebrauch des Apparats als Manometer zieht jedoch den Uebelstand nach sich, daß man ihn jedesmal auf 0 stellen muß, wodurch eine Hälfte des Stickstoffbehältnisses ausgeschaltet wird. Andererseits aber ist durch die Beseitigung des Filtrums das Anbringen eines dazu bestimmten — wie das innere Manometer M — einen integrierenden Teil des Apparates ausmachenden Wassermanometers ermöglicht, ohne hierbei dessen Einfachheit, Tragbarkeit und die leichte Handhabung irgendwie zu beeinträchtigen. So habe ich meinem alten Apparat die in Fig. 4 u. 5 veranschaulichte Form gegeben, von der hier eine kurze Beschreibung folgen mag.

Zwei Behälter A und B stehen unten durch das dünnere Stück miteinander in Verbindung. Das eine A, von 600–700 cm Inhalt und graduirt, ist das Stickstoffreservoir; das andere B enthält das alte

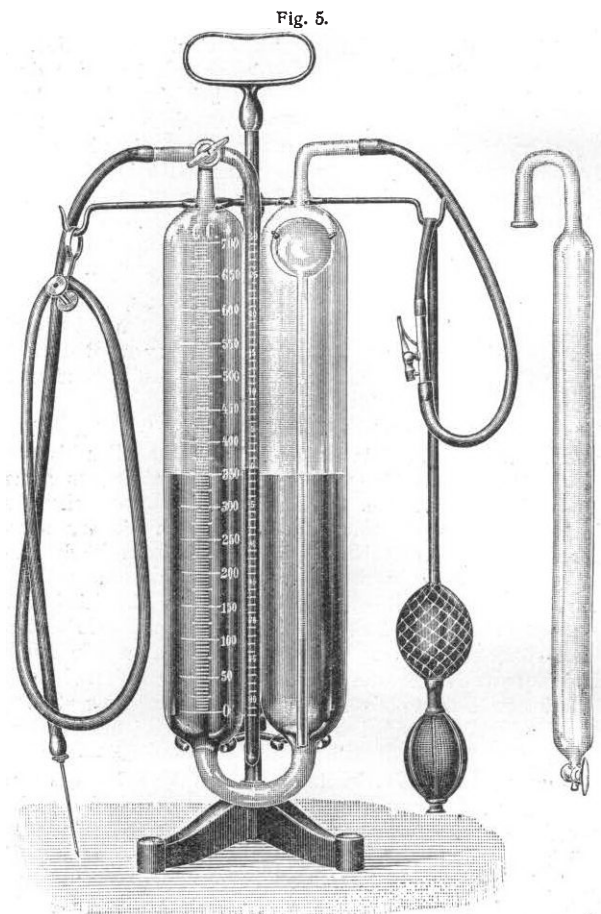
Manometer M. In die Röhre für den Abfluß aus A ist ein Dreiweghahn eingeschaltet; der untere Weg vermittelt die Kommunikation mit A, der linksseitige dient zur Anpassung eines die Hohladel tragenden Gummischlauches (ohne Filtrum), der rechtsseitige setzt sich in das neue (durch Methylenblau schwach gefärbtes Wasser enthaltende, bis 30 cm Druck anzeigende) Manometer m fort; die beiden Schenkel dieses letzteren verlaufen — der eine vorn, der andere hinten — in den zwei von den beiden nahezu miteinander in Berührung stehenden Behältern gemachten Winkeln (vorn und hinten). Auf diese Weise bekommt der Operateur nur den Vorderschenkel des Manometers zu sehen; darum ist die auf diesem Schenkel eingravierte Skala in Halbzentimeter eingeteilt (beim Ablesen gleichwertig mit den Zentimetern der Manometersäule). Der Dreiweghahn dient zur Herstellung folgender in der Praxis notwendigen Kommunikationen: a) zwischen der

Pleura und dem Apparat bei Ausschluß des Manometers, b) zwischen der Pleura und dem Manometer bei Ausschluß des Apparats, c) zwischen dem Apparat und dem Manometer bei Ausschluß der Pleura. Ferner



Schema des neuen Apparats zur Erzeugung des Pneumothorax.

Behältnisse A und B sind hier auseinandergehalten, um das äußere Manometer ersichtlich zu machen. A graduirtes Stickstoffreservoir, B Manövriervorbehälter, m Manometer, C Ansatzrohr zum Manometer m, um dessen Tragfähigkeit zu verdoppeln. M inneres Manometer, P Nadel, r Dreiweghahn, c Verbindungslagen zwischen A und B behufs Veranschaulichung von m und c, r' Hahn der Ansatzröhre C, R Richardsonsches Doppelgebläse, V Ventil.



Der neue Apparat zur Erzeugung des Pneumothorax.

zum Absperren sämtlicher Wege. Ein auf der Handhabe abgebildetes Zeichen gibt hierbei die verschiedenen Stellungen an.

Beim neuen Apparat verliert das innere Manometer M an Wichtigkeit; doch ist es in manchen, weiter unten zu besprechenden besonderen Fällen immerhin verwertbar.

Das Manometer mit 30 cm Wasserdruck ist in der gewöhnlichen Praxis hinreichend. Zuweilen aber — ja nicht gar so selten — sind noch höhere Drucke erforderlich; so mußte in einem meiner Fälle der Druck des Pneumothorax beständig auf 40–60 cm erhalten werden. Manche Autoren haben zum Wassermanometer auch ein solches mit Quecksilber hinzugefügt; ich habe das Gleiche versucht, jedoch mit geringem Erfolg. Den Zweck habe ich dagegen erreicht durch Hinzufügung eines neuen Stückes C zum Manometer; durch dieses wird letzteres in ein geschlossenes mit komprimierter Luft und 60 cm Druck umgewandelt. Das Stück C besteht aus einer mit einem Hahn versehenen, luftdicht an den freien Schenkel des Manometers eingefügten, zylindrischen Aufblähung, die, hinter dem Behälter B angebracht, von diesem gleichsam verdeckt wird. Der Rauminhalt der Aufblähung ist so berechnet, daß die manometrische Angabe auf die Hälfte reduziert ist. Bei vorhandener Blase gibt z. B. eine 30 cm tragende manometrische Säule einen realen Wasserdruck von 60 cm an. — Eine solche Verdoppelung des Manometers hat sich bisher als hinreichend erwiesen; sollte späterhin eine noch stärkere erforderlich sein, so wird sich eine solche mittels einer zweiten Reduktionsblase von entsprechendem Werte leicht erzielen lassen. Die einzelnen Teilabschnitte der Skala nehmen bei einem Luftdruckmanometer mit dem Drucke an Größe ab; doch ist beim Apparat der Unterschied der Abschnitte auf der zwischen 0 und 60 liegenden, sehr kurzen Strecke verschwindend klein.

Der Rauminhalt der Kugel ist auf ein Wassermanometer bezogen; es erscheint wohl kaum nötig, darauf aufmerksam zu machen, daß, wenn man das Manometer mit einer Flüssigkeit ladet, die eine andere Dichte besitzt (z. B. Alkohol), die Tarierung fehlerhaft ist und daß ebenso fehlerhaft dann die Manometerangaben wären.

Sorgfältig bedacht sei man endlich auf die überaus große Empfindlichkeit der Kugel der Temperatur gegenüber. Um in dieser Richtung Fehlerquellen zu vermeiden, ist der Hahn stets offen zu halten und erst im Augenblicke der Beobachtung abzuschließen.

Noch eine andere, sehr vorteilhafte Lösung der Frage wird ermöglicht durch die Anwendung eines Manometers mit einer Flüssigkeit, die schwerer ist als Wasser bzw. Alkohol, z. B. Bromoform, dessen Dichte etwa 2,8 ist. Ein mit Bromoform geladenes, durch Zusatz von Alkohol auf die Dichte 2 reduziertes Manometer liefert, wie das mit der Blase versehene, Angaben der halben Höhe. In der Praxis muß man jedoch entweder über zwei Apparate — den einen mit Alkoholmanometer, den anderen mit Bromoformmanometer — oder über einen mit zwei Manometern verfügen.

Der Apparat ist aus Glas angefertigt und auf einem leichten metallischen Fußgestell festgemacht, dessen Handgriff es gestattet, ihn ohne Schwierigkeit zu transportieren.

Ergänzt wird der Apparat durch eine Serie von in bezug auf Länge und Lumen verschiedenen Hohladeln, deren Fuß das Anpassen eines Gummischlauches gestattet.

Zur ersten Einführung sind — damit der Augenblick des Eindringens in die Pleura schnell und deutlich angezeigt werde — 1,10 bis 1,20 mm dicke Nadeln (nur in manchen ganz besonderen Fällen sind solche mit einem äußeren Durchmesser von 1,30 mm) erforderlich; dickere sind gerade nicht notwendig, wenn auch deren Anwendung in manchen Fällen von schwächerem Tonus der Weichteile das postoperative subkutane Emphysem fördern würde. Die Schrägheit der Spitze muß geringer sein als bei gewöhnlichen Nadeln (20–25°); vor allem aber müssen die Fensteränder geradlinig sein, sodaß sie einen Halbkanal bilden, der, durch die Weichteile ergänzt, zu einem ungefähr $\frac{1}{2}$ mm von der äußersten Metallspitze entfernten Vollkanal wird. Die Nadel muß scharf zugespitzt und durchaus trocken sein. Es ist dies eine unabweisliche Bedingung, um die Durchgängigkeit der Nadel zu sichern. Die Nadel soll mit Alkohol und Aether ausgewaschen, mit einem Faden in ein mit Baumwollpfropfen versehenes Reagenzglas eingeschlossen, im Ofen sterilisiert und so bis zum Gebrauch aufbewahrt werden.

Die gleiche Sorgfalt erheischt der Gummischlauch, in den die Nadel eingefügt wird. Nachdem er sterilisiert und gehörig abgetrocknet ist, wird er — nach vorheriger Austreibung der Luft — mit Stickstoff gefüllt; sein Ende wird mit einem Glasstäbchen verschlossen und mit sterilisierter Baumwolle fest umwunden, so bis zum Gebrauch und auch späterhin.

Hat man die Nadel zu gebrauchen, so wird sie aus dem Reagenzglas genommen und sofort in den Schlauch eingefügt, ohne hierbei irgendwie mit Flüssigkeit überhaupt in Berührung zu kommen. Ist sie eingefügt, so überzeuge man sich — in der weiter unten anzugebenden Weise — von ihrer Durchgängigkeit.

Aus der Beschreibung des Apparats läßt sich leicht entnehmen, wie dieser zu gebrauchen ist.

Der mit Stickstoff gefüllte Behälter A (die Flüssigkeit bei 0 der Skala cc) kommuniziert durch den Hahn T mit dem Manometer (bei Ausschluß des Gummischlauches mit der Nadel); die Manometersäule hat das gleiche Niveau wie die Flüssigkeit in A. Ist die Hohladel in den Gummischlauch eingefügt und die Stelle gewählt worden, wo sie in den Thorax eindringen soll, so wird von einem Assistenten durch

Drehung des Hahnes T die Kommunikation zwischen dem Schenkel A und dem Manometer geschlossen, dagegen jene zwischen Manometer und Nadel geöffnet, ohne hierbei die gleichzeitige Kommunikation der drei Wege — Nadel, Manometer und Schenkel A — hindurchzugehen. In der neuen Stellung kommuniziert das Manometer durch die Nadel frei mit der Atmosphäre; ist nun die Nadel durchgängig, so steigt die Manometersäule rasch auf 0, und ist daran die Durchgängigkeit der Nadel erkannt, so wird diese normalerweise an der Oberfläche in die Thoraxwand eingestochen, hierauf langsam und gleichmäßig — namentlich auf der letzten Strecke — eingeführt. Sobald nun die Fensterspitze den Hohlraum der Pleura erreicht hat, steigt die Manometersäule — infolge Aspiration von der Pleura aus — sofort und rasch, mitunter aber auch ziemlich langsam, bis auf 8–10 cm und auch noch höher, wobei sie, bezüglich der Respirationsbewegungen, eine mit jeder Inspiration zusammenhängende Steigerung, zuweilen auch nicht sehr starke aber doch ziemlich charakteristische Schwankungen anzeigt.

In diesem ersten Tempo merkt der Operateur zweierlei: erstens einmal — sehr häufig und deutlich — wann die Pleura parietalis von der Nadel perforiert wird, zweitens — weit weniger häufig, aber dafür recht deutlich — die Reibung zwischen Lunge und der Spitze der in die Pleurahöhle während den respiratorischen Bewegungen eingedrungenen Nadel. Allerdings schwindet mit der Einführung des Stickstoffes ein solches Reiben bald wieder, aber dieses liefert immerhin den Beweis dafür, daß die Nadel die Pleurahöhle zu erreichen vermag, auch ohne dabei in die darunter liegende Lunge einzudringen.

Ist nun das Steigen und Schwanken des Manometers sicher erkannt worden, so dringt man mit der Nadel nicht weiter vor; der Assistent öffnet durch Drehung des Hahnes die Kommunikation mit dem Behälter A und dem Thorax und treibt hierauf mittels des Richardsonschen Doppelgebläses die erforderliche Menge Stickstoff hinein.

So wird nun im ersten Tempo des operativen Eingriffs durch das Manometer die Gegenwart der frei im Hohlraum der Pleura befindlichen Nadel angezeigt; vom Stickstoff dringt in die Pleura — während dieses ersten Tempo — nur die aus der Dekompression der Pleura resultierende ganz geringe Menge ein, und zwar durch Aspiration.

In einem zweiten Tempo dringt der Stickstoff — unter dem Druck des Apparats — in reichlicher Menge und verhältnismäßig rasch ein, was jedoch erst dann stattfindet, wenn nachgewiesenermaßen die Spitze der Nadel sich frei zwischen den beiden Pleurae befindet. Daher keine Möglichkeit einer Gasembolie.

Wollte man hier spitzfindig sein, so könnte der Gedanke auftauchen, daß beim Uebergang vom ersten zum zweiten Tempo — in dem kurzen Augenblicke nämlich, wo vom Assistenten der Hahn gedreht wird und damit manometrische Angaben ausbleiben, während gleichzeitig der unter Druck befindliche Stickstoff auszutreten beginnt — die Nadelspitze infolge einer unwillkürlichen Bewegung des Kranken bzw. des Operateurs unabsichtlich in die Lunge eindringt. So etwas dürfte meiner Ansicht nach sich wohl kaum in der Praxis ereignen können: mir wenigstens ist derartige bisher niemals passiert. Sollte aber doch jemand noch einen solchen Zweifel hegen, so würde es ihm leicht gelingen, ihn zu beseitigen durch Anwendung des Apparats in Fig. 4, oder auch des mit Manometer versehenen, in Fig. 5 abgebildeten, bei dem die Flüssigkeit in beiden Gefäßen in gleicher Höhe und daher der Stickstoff unter atmosphärischem Druck steht. Es wird da der Stickstoff im ersten Tempo sofort und in auffälliger Weise durch Aspiration anzeigen, daß die Nadel sich frei in der Pleurahöhle befindet; im zweiten Tempo dringt der Stickstoff — gleichfalls durch Aspiration — in die Pleura ein, was durch das Steigen der Flüssigkeit im betreffenden Behälter angezeigt wird. Nachdem man — um jeden Zweifel zu zerstreuen — eine hinreichende Menge davon in die Pleura hineingelassen hat, wird der operative Eingriff rascher zu Ende geführt, indem man den Stickstoff durch das Richardsonsche Doppelgebläse unter positiven Druck setzt.

Gegen das Punktionsverfahren hatte man überdies angewendet, es sei hierbei nicht möglich, mit einer scharfspitzigen Nadel in den idealen Raum der Pleura einzudringen, ohne auch zugleich die Lunge zu verletzen, daher — bei schwindsüchtigen Lungen — die Wahrscheinlichkeit, die Pleura zu infizieren.

In meiner Mitteilung von 1908 (Therapie der Gegenwart, November-Dezember) habe ich die theoretischen Gründe auseinandergesetzt, welche die in Rede stehende Gefahr als ausgeschlossen erscheinen lassen. Ich kann nun noch weitere Momente experimenteller Natur hinzufügen. — Schon in der soeben erwähnten Mitteilung hatte ich auf Grund von Versuchen an Hunden dargelegt, wie in Uebereinstimmung mit der theoretischen Annahme die Nadel mehrere Millimeter weit über die parietale Pleura hinaus eingetrieben werden könne, ohne hierbei die Lunge zu verletzen. Bei den in Chloroformnarkose versetzten Tieren wurde die Nadel eine bestimmte Strecke weit eingeführt, und zwar wurde diese letztere größer als die vermutliche Dicke der Thoraxwand genommen und deren Länge mittels der Gleitolive geregelt. Nach Tötung des Tieres und Herausnahme der Lunge wurde die Länge des aus der Pleura herausragenden Stückes der Nadel gemessen; hierauf wurden die Lungen allmählich unter Wasser aufgebläht, nachdem ich schon vorher festge-

stellt hatte, daß bei einem Druck von 20—25 mm Hg die Aufblähung vollständig ist, daß aber schon bei einem solchen über 30—35 mm Hg platzende Bläschen sich zeigen können.

In nachstehender Tabelle sind die hierbei erzielten Resultate verzeichnet.

No.	Gewicht des Hundes	Über die Pleura hinausragendes Stück der Nadel	Untersuchte Lunge	Erfolg	
				positiv	negativ
1	kg 11	mm 19	R	Verletzung der Lunge	—
2	kg 6	mm 16	R	—	Keine Verletzung der Lunge
3	kg 6	mm 11	L	Verletzung der Lunge	—
4	kg 6	mm 9	R	Verletzung der Lunge	—
5	kg 6	mm 6	L	Erfolg zweifelhaft; Luftaustritt aus den Lungen bei 35 mm Hg	—
6	kg 28	mm 5	R	—	Keine Verletzung
7	kg 8	mm 6,5	R	—	Keine Verletzung
8	kg 8	mm 8,5	L	Erfolg zweifelhaft; Luftaustritt nur bei 33 mm Hg	—
9	kg 8	mm 5,5	R	—	Keine Verletzung
10	kg 8	mm 7,5	L	—	Keine Verletzung
11	kg 7	mm 5	R	—	Keine Verletzung
12	kg 7	mm 8	L	—	Keine Verletzung
13	kg 8	mm 7	L	—	Keine Verletzung
14	kg 8	mm 8	R	Erfolg zweifelhaft; Luftaustritt nur bei 30 mm Hg	—
15	kg 20	mm 2	R	—	Keine Verletzung
16	kg 20	mm 2	L	—	Keine Verletzung

Es ergibt sich somit aus obigen Versuchen, daß — wie ich bereits 1908 angegeben — die Nadel bis zu 5—7, ja mitunter selbst bis zu 9 bis 10 mm über die Pleura hinaus eingeführt werden kann, ohne hierbei die Lunge zu verletzen, was — bis auf die Maßzahl — zu vermuten war und ich auch in der Tat theoretisch vermutet hatte.

Ich habe in jüngster Zeit ähnliche Versuche wiederholt, jedoch in einer der Praxis besser entsprechenden Form.

Bei einem alten, 27 kg schweren Hunde habe ich sofort nach dessen Tötung mittels Chloroform zehnmal an verschiedenen Stellen — 5 rechts und 5 links — den operativen Eingriff ausgeführt, ohne aber hierbei Stickstoff einzuführen, d. h. ohne einen Pneumothorax zu erzeugen. Das Eindringen der Nadel in den idealen Hohlraum der Pleura wurde jedesmal durch eine 3—5 cm betragende Erhöhung der Manometersäule angezeigt. Die aus der Brusthöhle entnommenen, bei 32 mm Hg unter Wasser aufgeblähten Lungen waren stark gespannt, aber sonst vollkommen haltbar; bei 35 mm platzt hie und da ein Bläschen am unteren Rande; bei 40 bzw. 60 mm weiteres Platzen von Bläschen an der diaphragmatischen bzw. parietalen Fläche eines der Lappen; kein solches Platzen erfolgt hingegen an den Einführungsstellen der Nadel.

Bei einem zweiten jungen, 15 kg schweren, in tiefer Chloroformnarkose befindlichen Hund wird der gleiche Versuch wiederholt. Bei den zehn operativen Akten wurde das Eindringen der Nadel in den idealen Pleurahohlraum stets durch das Steigen des Manometers sowie durch respiratorische Schwankungen der Manometersäule zwischen 5 und 15 angezeigt. Das Tier wurde unmittelbar darauf getötet; seine unter Wasser aufgeblähten Lungen zeigten sich allerdings bei einem Druck von 41 mm Hg straff gespannt, aber trotzdem noch immer widerstandsfähig. Bei 45—50 bzw. 70 mm platzte eine Anzahl Bläschen am freien Rande eines Lappens bzw. an der Innenfläche eines zweiten Lappens.

Bei zwanzig operativen Akten also, bei denen die Nadel wohl stets in den idealen pleuralen Hohlraum eingedrungen war, ist es nicht nur zu einer Perforation der Lunge überhaupt nicht gekommen, sondern es hat die Nadel auch nicht die geringste, möglicherweise einen Locus minoris resistentiae schaffende Ritze der Viszeralpleura erzeugt, denn das Platzen von Bläschen infolge übermäßigen Druckes erfolgte stets an solchen Stellen, die der Einführung der Nadel nicht entsprachen, ja von diesen weit entfernt lagen.

Zu den theoretischen und experimentellen Ausführungen sei hier auch noch die gleiche Betrachtung hinzugefügt, die ich 1908 angestellt. Selbst angenommen — was doch auszuschließen ist — daß die Nadel die Lunge verletzen sollte, so könnte es sich nur handeln — wenn man streng nach meinen Angaben verfährt — um eine einzig und allein durch die äußerste Nadelspitze erzeugte, d. i. um eine lineare Wunde von der Länge etlicher Millimeterbruchteile, mit ganz regelmäßigen Rändern, die ohnedies später infolge der beim Pneumothorax erfolgenden Zusammenziehung zu einer völlig belanglosen werden müßte. Wird — wie es sich gehört — an einer solchen Stelle des Thorax operiert, an der die Lunge normal ist, so kann die sofort sich schließende Wunde keinerlei Folgen nach sich ziehen. Es dürfte nicht unzumutbar sein, daran zu erinnern, wie rasch und nahezu konstant bei der schwindstüchtigen Lunge — infolge Retraktion dieser letzteren — die spontanen Perforationen vernarben können, und doch sind solche Perforationen — weil in einem Herde der Krankheit entstanden — verhältnismäßig groß und unregelmäßig gestaltet und ihre Vernarbungsbedingungen die am allerwenigsten günstigen. In meiner bis heute 134 Fälle umfassenden Zusammenstellung finden sich — mit Ausschluß derjenigen, wo kein Pneumothorax erzeugt werden konnte — acht mit spontaner Perforation, bei denen allen die Vernarbung prompt und dauernd gewesen ist.

Zum Schlusse will ich noch bemerken, daß in meinen 134 Fällen — die nach Abzug der 8 von spontanem Pneumothorax und der übrigen 5,

bei denen ein pleuritische Erguß bestand, auf 121 reduziert sind — der Pneumothorax stets mit der Punktionsmethode erzeugt wurde und ich niemals, weder unmittelbar darauf, noch späterhin, irgendetwas zu Gesicht bekommen habe, was auf eine hierbei erfolgte Verletzung der Lunge hätte hindeuten können. (Schluß folgt.)