DEUTSCHE MEDICINISCHE WOCHENSCHRIFT.

Mit Berücksichtigung des deutschen Medicinalwesens nach amtlichen Mittheilungen, der öffentlichen Gesundheitspflege und der Interessen des ärztlichen Standes.

Begründet von Dr. Paul Börner.

Fünftehnter Jahrgang.

Redacteur Sanitäts-Rath Dr. S. Guttman in Berlin W.

Verlag von Georg Thieme, Leipzig-Berlin.

I. Aus der medicinischen Klinik des Herrn Prof. Dr. Rossbach in Jena.

Zum Athemmechanismus bei offenem Pneumothorax.

Von Dr. med. E. Sehrwald,

Docent an der Universität Jena.

Vor wenigen Jahren noch war die Lehre vom Pneumothorax eine der am fleissigsten discutirten Fragen, sieht man hingegen die neueste Litteratur durch, so scheint das Thema von der Tagesordnung fast abgesetzt zu sein, und höchstens eine spärliche Casuistik erinnert noch sporadisch an dies wichtige Capitel.

An diesem Umschwung mögen wohl ganz vorwiegend die trefflichen Arbeiten, die wir den verschiedenen Autoren verdanken, Schuld sein. Durch diese Arbeiten ist die Lehre vom Pneumothorax so allseitig ausgebaut worden, dass sie jetzt zu den bestfundamentirten mitzählt, und das dadurch gewonnene Bewusstsein der Sicherheit in diesem Gebiet der Pathologie mag wohl der Anlass sein, dass die Wissenschaft ihre Fürsorge zur Zeit anderen, der Lösung noch harrenden Problemen mehr zuwendet.

Zumal die eingehenden Arbeiten von Weil haben diesen vorläufigen Abschluss mit herbeigeführt, indem dieselben allseitigst, sowohl klinisch als experimentell, diese Aufgabe behandelt haben. Aber wenn hierbei auch alle wesentlichen Fragen berücksichtigt worden sind, so sind sie doch nicht alle gelöst worden, und mancher Schwierigkeit ist aus dem Wege gegangen worden, statt sie aus dem Weg zu räumen. Eins dieser noch nicht völlig geklärten und erklärten Probleme ist auch der Athemmechanismus bei offenem Pneumothorax.

Mit einer ganz auffallenden Vorliebe beschäftigen sich fast alle Autoren mit dem geschlossenen und den verschiedenen Arten des Ventilpneumothorax und deren mechanischen Folgen auf den Respiationsablauf; der offene Pneumothorax wird hingegen nur sehr nebensächlich abgethan, als sei er ohne Bedeutung oder als biete er keine Schwierigkeiten. Allerdings kommt der offene Pneumothorax praktisch vielleicht etwas seltener in Betracht, da er spontan bei weitem nicht so häufig sich ausbildet als die anderen Formen. Dahingegen ist aber der Arzt öfter genöthigt, ihn in therapeutischer Absicht künstlich zu erzeugen, und sollte daher gerade über diese Art des Pneumothorax und ihre Folgen möglichst eingehend orientirt sein.

Es ist die Frage, ob beim offenen Pneumothorax noch eine genügende Respiration zu Stande kommt und in welcher Weise dies geschieht.

Aus Weil's¹⁾ eigenen Versuchen geht hinlänglich hervor, dass ein genügender Gaswechsel beim offenen Pneumothorax durchaus nicht immer ermöglicht wird. Weil betont wiederholt, dass Hunde sehr häufig nicht im Stande sind, einen einseitigen offenen Pneumothorax zu ertragen, nach wenigen vergeblichen Respirationen gehen sie an Erstickung zu Grunde. Nach meinen eigenen Beobachtungen muss ich das durchaus bestätigen, und zwar genügt schon eine verhältnissmässig sehr enge Oeffnung in der Thoraxwand, um diesen Effect zu erzielen. Weil führt dieses Verhalten des Hundes auf zwei Momente zurück. Einmal ist beim Hunde am Ende der Ex-

spiration der negative Thoraxdruck wesentlich bedeutender, als z. B. beim Kaninchen, d. h. die Lunge sucht sich stärker zu retrahiren und fällt in der That viel ausgiebiger zusammen, wenn eine Pleurahöhle eröffnet und unter Atmosphärendruck gesetzt wird. Beim Hunde occupirt also ein einseitiger offener Pneumothorax viel mehr von dem Raum des Thoraxinnern, als bei anderen Versuchsthiere. Zweitens aber beschuldigt Weil die sehr leichte Verschieblichkeit des Mediastinums beim Hunde; in Folge dieser vermögen selbst die gewaltigsten Inspirationsbewegungen die gesunde Lunge nicht zu entfalten, sie ziehen nur das Mediastinum stärker in die gesunde Thoraxhälfte hinüber.

Nach dieser Anschauung müsste aber nicht bloss der Hund in kürzester Zeit dem offenen Pneumothorax erliegen, sondern ebenso auch der Mensch, dessen Mediastinum ja gleichfalls sehr ausgiebig und leicht sich verschieben lässt, wie jede Untersuchung an der Leiche lehrt und wie die hochgradigen Verdrängungserscheinungen bei den mannichfachen raumbeengenden Processen im Thorax zeigen. Trotzdem erträgt der Mensch einen offenen Pneumothorax ziemlich leicht und lange, falls er sich nur nicht zu plötzlich bei vorher völlig intacten Brustorganen ausbildet. Und es ist daher klar, dass bei der Weil'schen Erklärung ein Moment völlig übersehen sein muss, das den negativen Thoraxdruck und die starke Verschieblichkeit des Mediastinums in ihrem ungünstigen Einfluss auf die Athmung wieder etwas zu compensiren vermag.

Um zu sehen, welchen Effect ein offener Pneumothorax auf den Ablauf der Respiration haben muss, wird es gut sein, das Zustandekommen der Athembewegungen bei den einzelnen Formen des Pneumothorax kurz zu skizziren. Am einfachsten geht man zu diesem Zweck von zwei extremen und experimentell leicht hervorrufbaren Zuständen aus.

Erzeugt man bei einem Kaninchen einen doppelseitigen Pneumothorax und verschliesst denselben genau am Schlusse der Expiration, so herrscht jetzt, während der Thoraxraum sein möglichst kleinstes Volumen einnimmt, in demselben gerade Atmosphärendruck. Wird nun eine kräftige Inspirationsbewegung ausgeführt, so wird der Druck im Thoraxinnern stark negativ, die äussere Luft sucht diesen negativen Druck auszugleichen und kann dies nur dadurch, dass sie durch die Trachea so lange in die Lunge einströmt, bis in Pleuraraum und Lunge annähernd wieder Atmosphärendruck sich hergestellt hat. Diese ganze während der Inspiration eingetretene Luftmasse wird darauf bei der Expiration wieder ausgepresst, und wir bekommen daher eine sehr ausgiebige Ventilation beider Lungen, deren Grösse dem normalen Luftwechsel des betreffenden Thieres fast völlig gleichkommt. In der That fand R. Cohn²⁾ bei seinen in dieser Weise angestellten Versuchen, dass die Thiere nach der Operation in ihrem Verhalten sich von einem normalen Thiere fast gar nicht unterscheiden.

Während der Druck im Thoraxinnern bei diesen Versuchen zwischen Null und einem gewissen negativen Werth schwankt, stellt sich dies Verhältniss durchaus anders, sobald man den doppelseitigen, offenen Pneumothorax gerade auf der Höhe der Inspiration verschliesst. Während der Thorax jetzt seine grösste Capacität entfaltet hat, herrscht in der Pleurahöhle gerade Atmosphärendruck, unter dessen Einfluss die beiden Lungen völlig collabirt sind und als derbe, blaurothe, und luftleere Massen der Wirbelsäule anliegen.

¹⁾ A. Weil, Zur Lehre vom Pneumothorax. Deutsch. Archiv f. klin. Med. XXV, 1880, p. 24, 25.

²⁾ R. Cohn, Ueber die Bedeutung des negativen Thoraxdruckes. Arch. f. d. ges. Phys. XXXVII. 1885. p. 209.

Denn es ist daran zu erinnern, was Weil¹⁾ eingehend dargethan hat, dass die lebende Lunge ungemein viel stärker bei Eröffnung des Thorax sich retrahirt als die Leichenlunge. Bei der Expiration wird nun, wie immer, der Druck mehr positiv, und die an sich schon luftleere Lunge wird noch hochgradiger comprimirt. Der Thoraxdruck schwankt trotz der kräftigsten Athembewegungen stets zwischen Null und einem ziemlich grossen Plus, und die äussere Atmosphärenluft ist in keinem Moment irgend einer Respirationphase im Stande, durch die Trachea in die Lunge einzutreten. Der Luftwechsel in der Lunge ist vollkommen sistirt, und das Thier geht in kürzester Zeit zu Grunde.

Drittens ist die Frage: wie muss die Respiration verlaufen bei offenem Pneumothorax? Entsprechend seiner grösseren praktischen Bedeutung und Häufigkeit betrachte ich hier nur den nach aussen offenen Pneumothorax. Ist die Oeffnung desselben sehr weit und klaffend, so liegen rein theoretisch die Verhältnisse zunächst sehr einfach. Einerlei ob der Thorax inspiratorisch stark erweitert, oder ob er expiratorisch stark verkleinert ist, stets gleicht sich durch die weite Oeffnung in der Brustwand der Druck zwischen der Luft im Pleurasack und der äusseren Atmosphäre fast momentan aus, in jedem Moment der Respiration ist er dementsprechend Null. Und in der That haben die experimentellen Untersuchungen gezeigt, dass dann dauernd Atmosphärendruck in der Pleurahöhle besteht, oder dass doch wenigstens die Druckwerthe sehr nahe um den Nullpunkt herum oscilliren. Wenn aber während der ganzen Respiration der Druck im Thorax schon dem Atmosphärendruck entspricht, so liegt in keinem Moment für die äussere Luft ein Anlass oder eine Möglichkeit vor, in Trachea und Lunge einzuströmen. Jede Ventilation ist vernichtet und damit in kürzester Zeit auch das Leben.

Dieser rein theoretischen Erwägung entspricht nun in den meisten Fällen bekanntlich der wirkliche Thatbestand nicht. Die Individuen bleiben sehr häufig und oft recht lange noch am Leben. Dieser günstige Verlauf hat seine Ursache in verschiedenen Momenten. Einmal ist von grossem Einfluss die Weite der Fistelöffnung. Steht der Thorax z. B. in Expirationsstellung, herrscht in ihm Atmosphärendruck, und wird nun plötzlich eine kräftige Inspirationsbewegung ausgeführt, so muss, wenn auch bloss für einen Moment, im Thoraxinnern ein negativer Druck auftreten. Um diesen auszugleichen, strebt die Luft in den Brustkorb einzudringen. Es stehen ihr hierfür zwei Wege offen, einmal der normale durch die Trachea in die Lunge und ihre Alveolen, zweitens durch die Thoraxöffnung in den Pleurasack. Stets werden beide Wege eingeschlagen, je leichter passirbar aber der eine Weg ist, um so mehr Luft wird auf diesem eintreten. Es wird also von der Weite der zuführenden Luftwege und der Weite der Thoraxöffnung abhängen, welche Zugangspforte von der Luft mehr frequentirt wird; je enger die eine ist, um so grössere Luftmassen strömen selbstverständlich durch die andere.

Daraus ergibt sich ohne weiteres, dass es beim offenen Pneumothorax und seinem Einfluss auf die Athmung durchaus nicht auf die absolute Grösse der Oeffnung ankommt, sondern ganz allein auf das relative Verhältniss zwischen der Grösse der Fistelöffnung und der Weite der zuführenden Luftwege. Je kleiner die äussere Oeffnung ist, um so mehr Luft muss den natürlichen Weg durch die Trachea nehmen, und um so mehr nähert sich der Athmemechanismus dem in der Norm oder bei geschlossenem Pneumothorax mit geringer Spannung. Umgekehrt wird bei sehr weiter Thoraxöffnung fast alle Luft durch diese einfließen und nur wenige den mühsameren Pfad der natürlichen Luftwege einschlagen. Ein Luftwechsel innerhalb der Lunge kommt so gut wie nicht zu Stande, und der Zustand nähert sich dem eines Pneumothorax, der auf der Höhe der Inspiration verschlossen worden ist.

Diese Verhältnisse sind so selbstverständlich, dass sie kaum eine Erörterung verlangen, wenn sie nicht in der täglichen Praxis fast völlig ignorirt würden zum Nachtheil der Patienten. Bei der Operation eines Empyems oder der Anlegung einer äusseren Thoraxöffnung aus anderen Gründen wird man sich stets von der weiteren Absicht leiten lassen, später, wenn möglich, die Oeffnung wieder zu schliessen und der betreffenden Lunge eine möglichst ausgiebige Functionsfähigkeit zu bewahren oder wiederzugeben. So lange der Thorax offen steht, ist die Lunge dieser Seite, wie schon gesagt, vollständig collapsirt und von der Respirationsarbeit ausgeschlossen. Der Versuch, durch Einathmenlassen comprimierter Luft zeitweise diese Lunge wieder etwas zu entfalten und eine völlige Verödung derselben zu verhindern, muss vorläufig nach den Untersuchungen von Schreiber²⁾, die bisher noch keine Widerlegung gefunden haben, ebenso wenig allerdings noch von anderer Seite bestätigt worden sind, als irrationell angesehen werden. Dieses Hilfsmittel fällt also zunächst für die Praxis hinweg.

Recht wohl aber kann man auf andere bisher nicht benutzte Weise die collapsirte Lunge zu einer gewissen Betheiligung an der Respiration wieder zwingen, wenn man die von uns erörterten Verhältnisse zu verwerthen versucht. Da fast regelmässig die Oeffnung im Thorax durch einen Verband verschlossen wird, und zwar durch einen Verband, der von vornherein schon angefeuchtet ist und damit einen vollen Luftabschluss an der Oeffnung ermöglicht, oder durch einen trockenen Verband, der bald durch die Secrete der Pleurahöhle in einen feuchten umgewandelt wird, so verwandelt der Verband fast jedesmal den offenen Pneumothorax in einen geschlossenen. Wie bei den Experimenten an den Kaninchen haben wir es nun auch hier ziemlich in der Hand, unter welchem Druck die in der Pleurahöhle abgeschlossene Luft stehen soll. Verschliessen wir die Thoraxfistel am Ende der Expiration, so haben wir im Brustraum einen Druck von Null, der bei der Inspiration in Minus übergeht und eine ausgiebige Ventilation der Lungen gestattet. Verschliessen wir umgekehrt den Thorax auf der Höhe der Inspiration, so geht der jetzt bestehende Nulldruck bei der Expiration in einen positiven über, der nicht nur die Entfaltung der collapsirten Lunge völlig unmöglich macht, sondern zugleich auch die Thätigkeit der gesunden Lunge hochgradig beeinträchtigt.

Es empfiehlt sich daher, einen offenen Pneumothorax stets mit einem feuchten Verband und damit also luftdicht zu verschliessen, natürlich muss das Verbandmaterial zu gleicher Zeit fest genug sein, um nicht in die Pleurahöhle hinein aspirirt zu werden. Zweitens aber muss für die Respiration der günstigste Effect erzielt werden, wenn die Thoraxöffnung am Ende einer maximal starken Expiration durch den Verband geschlossen wird.

Bei der künstlichen Eröffnung der Brusthöhle wird die Oeffnung meistens so umfänglich angelegt, dass sie an Grösse weitaus das Tracheallumen übertrifft und damit überhaupt eine Respiration unmöglich machen müsste. Aber auch von der traumatischen Eröffnung des Brustraumes gilt vielfach das gleiche. In der That gehen nun ja auch eine Reihe Patienten an den direkten Folgen dieser Eröffnung zu Grunde, die Mehrzahl hingegen erträgt diesen Eingriff relativ gut, und es muss daher noch ein weiterer Factor thätig sein, der bei so ungünstigen Bedingungen doch wieder eine Respiration ermöglicht. Der einzige Factor, der hierfür zunächst noch in Betracht kommen kann, ist das Mediastinum.

Wäre das Mediastinum eine völlig schlaffe und sehr leicht verschiebbare Membran, so würde es für den Athmemechanismus überhaupt nicht in Betracht kommen. Es würde der in dem Pleuraum ein- und austretenden Luft so widerstandslos folgen, als sei es überhaupt nicht vorhanden, und die Lunge der gesunden Seite würde ganz unmittelbar den Druckverhältnissen in der offenen Pleurahälfte ausgesetzt sein. Wäre andererseits das Mediastinum eine völlig starre Membran, so würden die Druckänderungen in der einen Pleurahälfte absolut nicht im Stande sein, einen Einfluss auf die andere Hälfte auszuüben. Der Brustkorb würde aus zwei starren Hälften bestehen, die functionell völlig unabhängig von einander wären.

Keines von beiden Extremen liegt nun in Wirklichkeit vor. Im grossen ganzen allerdings nähert sich das Mediastinum in seiner Beschaffenheit mehr dem ersteren Extrem. An und für sich ist ja das Mediastinum ein äusserst dünnes, leicht dehnbar- und verschiebbares Häutchen. Dieses zarte Häutchen bekommt nun aber durch die Einlagerung des Herzens und der festen Stränge der grossen Gefässe stellenweise eine grössere Festigkeit, die dadurch noch erhöht ist, dass das Herz an das Zwerchfell und dass die Gefässe durch ihre Aeste gegen die Wirbelsäule und andere feste Punkte des Brustkorbes fixirt sind. Theilt man nach Henle¹⁾ das Mediastinum in ein oberes und unteres, so erhält das untere vor allem durch das Herz eine grössere Stabilität, das obere hingegen zumal durch die mitten hindurch verlaufende Vena cava superior.

Je mehr bei einem Individuum dies Gerüstsystem im Mediastinum prävalirt, um so mehr muss eine Athmung beim offenen Pneumothorax noch zu Stande kommen. Beim Hunde z. B. tritt das Balkenwerk relativ sehr zurück. Das Mediastinum zeigt grosse Flächen, die nur von einem schleierartig dünnen, sehr dehnbaren Häutchen verschlossen sind. Das Mediastinum wird bei der Eröffnung der einen Pleurahöhle hochgradig in die andere hineingetrieben und rückt nach den gleichlautenden Beobachtungen der Autoren bei jeder Inspiration noch tiefer in die gesunde Seite hinein. Eine Entfaltung der gesunden Lunge ist daher fast völlig ausgeschlossen, und es begreift sich, warum die Hunde einen offenen Pneumothorax nicht zu ertragen vermögen.

Etwas günstiger liegen die Verhältnisse beim Menschen, wo die rein membranös geschlossenen Partien relativ klein sind. Trotzdem kann aber auch hier die Verschiebung des Mediastinums so bedeutend sein, dass die schliesslich noch mögliche Respiration für die

¹⁾ A. Weil. Deutsch. Arch. für klin. Medicin, Bd. 29. 1881. p. 373.

²⁾ J. Schreiber, Zeitschr. f. klin. Medic. XIII. 1. p. 286.

¹⁾ Henle, Eingeweidelehre, II. Aufl., 1873, p. 880.

Erhaltung des Organismus nicht mehr ausreicht. Die ungleich starke Reaction, die verschiedene vorher gesunde Individuen einem plötzlich erzeugten offenen Pneumothorax gegenüber zeigen, mag zum Theil wohl auch von einer individuell verschieden entwickelten Festigkeit und Verschieblichkeit dieses Septums mit herrühren.

Diese eben entwickelten Anschauungen, welche wohl die meisten Autoren vertreten, sind aber durchaus einseitig und unzureichend. Sie gehen von der Voraussetzung aus, dass das Mediastinum, anatomisch wie physikalisch betrachtet, zu jeder Zeit eine gleichwerthige Grösse darstellt. Das ist durchaus nicht der Fall. Das Mediastinum verhält sich einmal beim Gesunden wie beim Kranken während der einzelnen Respirationsphasen völlig verschieden; das Mediastinum erleidet zweitens bei Erkrankungen der Lungen und der Pleura vielfach solche Veränderungen, dass es für den Athemmechanismus eine völlig andere Rolle übernimmt.

Sowohl Weil, wie auch frühere Autoren, z. B. Garland¹⁾ und Powell²⁾, sprechen sich über den Athemmechanismus bei offenem Pneumothorax dahin aus, dass bei der Inspiration die gesunde Lunge erst dann ihre Ausdehnung beginnen kann, wenn das Mediastinum soweit convex nach der gesunden Seite herübergebaucht und stark genug gespannt ist, um eine feste Wand zu bilden. Zweitens betonen sie, dass bei der Inspiration der in der offenen Thoraxhälfte herrschende Atmosphärendruck so lange und so stark das Mediastinum gegen die gesunde Hälfte drängt, bis auch hier Atmosphärendruck hergestellt ist, oder bis die Dehnbarkeit des Mediastinums ihre Grenze erreicht hat.

Diese beiden Sätze sind ja durchaus richtig, nur beziehen sie sich auf Verhältnisse, wie sie etwa an der Leiche auftreten würden, wenn man an ihr einen Pneumothorax anlegen und eine rein costale Respiration einleiten würde. Am Lebenden besitzt das Mediastinum entfernt nicht diese grosse Verschieblichkeit, wie die genannten Autoren sie annehmen. Dieselben haben vielmehr einen weiteren Factor völlig übersehen, der hier sehr wesentlich mit in Action tritt.

Das Mediastinum ist mit seinem unteren Rand fest an das Zwerchfell angeheftet. Steigt das Zwerchfell bei seiner Contraction nach abwärts, so wird das Mediastinum, wenn es vorher nach einer Seite ausgebaucht war, zunächst zu einer geraden Fläche gestreckt, dann aber wird es bei weiterer Zwerchfellcontraction immer stärker gespannt und verliert immer mehr an seiner Dehnbarkeit. Beide Momente, sowohl die Streckung als die verminderte Dehnbarkeit des Mediastinums, kommen nun der gesunden Lunge beim Pneumothorax zu statten. Sie wird einmal an ihrer Entfaltung weniger gehindert, da das Mediastinum sich weniger stark gegen sie vorbuckelt und sie beengt, und sie gewinnt zweitens an dem jetzt strafferen Septum einen besseren Stützpunkt für ihre Ausdehnung.

Je ausgiebiger das Zwerchfell sich contrahirt, um so wirksamer tritt das Mediastinum für die Entfaltung der gesunden Lunge mit in Action. Nun hat Weil gezeigt, dass beim offenen Pneumothorax die Athmungsexursionen um das 4–5 fache an Stärke zunehmen, und zwar nicht bloss die Bewegungen des Thorax, sondern nicht minder auch die des Diaphragma. Der Organismus ist also selbst bemüht, wenn ich mich einmal rein teleologisch ausdrücken darf, die Vortheile, die eine stärkere Anspannung des Mediastinums beim Pneumothorax bieten muss, nach Kräften auszunutzen.

Dass nun in der That die gegebene Schilderung für den Athemmechanismus bei offenem Pneumothorax gerade für den Menschen durchaus zutrifft, konnte ich an einem Patienten bestätigen, an dem in therapeutischer Absicht ein Pneumothorax angelegt war.

Der 25jährige Patient, ein Schlosser, war seit 1½ Jahren an Lungentuberculose erkrankt. Bei seiner Aufnahme in die Klinik vor einem Jahre hatte er rechtsseitigen Pneumothorax mit Empyem. Nachdem das eitrige Exsudat fünfmal ohne nachhaltigen Erfolg punktiert worden war, wurde vor drei Monaten die Radicaloperation des Empyems ausgeführt und ein Stück der neunten und zehnten Rippe in der rechten Skapularlinie reseziert. Die Fistelöffnung hat sich an ihren Rändern fast völlig überhäutet und klappt in einer Länge von etwa 10 und einer Breite von 2–3 cm, so dass man fast das ganze Innere der rechten Thoraxhälfte mit Hülfe eines Reflektors deutlich überblicken kann. Das Befinden des Patienten ist seit der Operation ein leidliches. Er hat wenig Husten, bei ruhiger Bettlage keine Athemnoth, und nur beim Aufrichten und Herumgehen tritt mässige Dyspnoe auf. Die Eiterabsonderung in dem offenen Brustfellsack ist gering.

Es besteht also hier ein totaler rechtsseitiger Pneumothorax mit so umfänglicher Oeffnung in der Thoraxwand, dass bei schlaffem Mediastinum nach dem früher Gesagten eine Ventilation der gesunden Lunge überhaupt nicht mehr möglich sein könnte. Trotzdem ist der Luftwechsel bei ruhiger Bettlage so ausgiebig, dass der Patient da-

bei keinerlei subjectiver Dyspnoe hat. Es war die Frage, ob das von mir angeführte Hilfsmoment, die Spannung und Streckung des Mediastinums während der Zwerchfellcontraction, hier zur Wirksamkeit gelangte.

Inspirirte man von der Thoraxöffnung aus das Mediastinum, so zeigte dasselbe in der Respirationspause eine geringe Ausbiegung gegen die gesunde Lunge, und in seiner unteren Hälfte eine sehr starke direkt vom Herzen selbst bedingte pulsatorische Bewegung. Beginnt der Patient jetzt zu inspiriren, so wird für den ersten Moment die Vortreibung des Mediastinums in die gesunde Seite hinein noch etwas stärker, und zugleich treten auch die sichtbaren Herzbewegungen noch markanter hervor. Aber schon im folgenden Augenblick gleicht sich die Vortreibung aus, das Mediastinum wird zu einer geraden Fläche angespannt, und die Herzpulsation wird fast unsichtbar.

Eigentlich sollte man erwarten, da das Zwerchfell ja seine inspiratorische Bewegung einen Moment früher beginnt als der Thorax, dass gleich im ersten Anfang der Inspiration die Spannung des Mediastinums eintrete. Statt dessen finden wir zuerst eine Zunahme der Ausbuckelung. Es erklärt sich dies daraus, dass die Abwärtsbewegung des Zwerchfells erst eine gewisse Grösse erreicht haben muss, ehe das Mediastinum stramm genug gespannt ist, um dem äusseren Atmosphärendruck mit Erfolg Widerstand zu leisten. Zuerst ist die Spannung noch zu gering, und es ist daher noch eine, wenn auch, wie die Beobachtung zeigt, nur geringe Zunahme der Vortreibung möglich.

Dass nun in der That die jetzt folgende Spannung des Zwerchfells eine bedeutende war, geht aus dem Verschwinden der sichtbaren Herzarbeit hervor. Solange das Mediastinum schlaff war, folgte es willenlos jeder Formveränderung des Herzens, gleich einem schlaffen nassen Gewand, das auf das Herz gebreitet ist. Je straffer das Mediastinum sich anspannt, um so weniger vermag es die Herzbewegungen mit zu machen, und das fast völlige Unsichtbarwerden der Bewegungen des Herzens, das seine Lage fast unverrückt beibehält, giebt in der That einen fast quantitativen Aufschluss über den Grad der Spannung.

Das abwärts rückende Zwerchfell ist aber nicht die einzige Ursache für die inspiratorische Spannungszunahme des Mediastinums. Die Tiefenzunahme des Thorax, die Vergrösserung des sagittalen Durchmessers muss genau im gleichen Sinne wirken. Und zwar erfährt auch in dieser Richtung die Anspannung eine bedeutende Zunahme bei offenem Pneumothorax, da bei diesem nicht bloss die abdominale, sondern ebenso die costale Athmung um das vier- bis fünffache gesteigert ist. Ich brauche nicht zu erwähnen, dass man bei unserem Patienten das Zwerchfell sehr gut überblicken und so constatiren konnte, dass thatsächlich Zwerchfellcontraction und Spannung des Mediastinums zeitlich zusammenfielen, und dass ebenso im gleichen Zeitmoment eine bedeutende Tiefenzunahme des Thorax stattfand.

Sehr gute Aufschlüsse über diese Verhältnisse bekommt man bei der Untersuchung neugeborener Thiere, z. B. junger Kätzchen. Bei diesen ist das Mediastinum so zart und sind die eingelagerten Gefässstämme noch so dünnwandig und dehnbar, dass diese Membran beim Athemmechanismus nur in sehr geringem Grade mit wirksam sein kann. Eröffnet man die rechte Thoraxhälfte, so wird das Mediastinum fast bis an die gegenüberliegende linke Brustwand hinübergedrängt. Bei der jetzt einsetzenden gewaltsamen Inspiration wird es, wie bei dem Patienten, zuerst noch etwas stärker nach links aspirirt, um gleich darauf sich etwas anzuspannen und eine geringe Rückwärtsbewegung nach rechts auszuführen. Wir sehen hier fast ausschliesslich den Effect des äusseren Luftdruckes auf das dehnbare Mediastinum, dem gegenüber die Anspannung desselben kaum zur Geltung zu kommen vermag.

Man kann sich aber leicht überzeugen, wie bedeutend diese Anspannung an und für sich ist. Eröffnet man jetzt auch die linke Thoraxhälfte, so stellt sich das Mediastinum als schlaffes Septum median ein, da jetzt der Luftdruck auf seinen beiden Seiten dauernd gleich ist. Jede Inspirationsbewegung bringt nun isolirt die Anspannung des Mittelfells zur Anschauung und zeigt uns, wie bedeutend dieselbe bei den forcirten Respirationsbewegungen ist. Diese hochgradige Spannungszunahme kann natürlich nicht völlig ohne jede Bedeutung für die Entfaltung der Lunge bei einseitigem Pneumothorax sein. Vermindert man diese Anspannung, indem man durch Compression des Abdomen die Zwerchfellcontraction ausschaltet, so nimmt in der That die Dyspnoe sofort in hohem Grade zu.

Gegenüber diesem Thierversuch war bei unserem Patienten die Ausbauchung des Mediastinums eine so auffallend geringe und die Anspannung desselben eine so beträchtliche, dass man nicht bloss die mit zunehmendem Alter grössere Starrheit der eingelagerten Gefässe und die grössere Dicke des Septums selbst für diesen Effect verantwortlich machen kann.

Es kommt bei unserem Patienten, und so wohl bei den meisten

¹⁾ Garland, Pneumono-dynamics. New-York 1878, p. 132.

²⁾ Powell, Notes on the pneumothorax occurring in phthisis. Med. Times and Gazette 1869, p. 112.

anderen analogen Fällen, ein weiterer sehr wichtiger Factor in Betracht, der die Starrheit des Mediastinum erhöht und damit die Entfaltung der gesunden Lunge begünstigt, nämlich die schwierige Verdickung und die Auflagerung von Schwarten am Mediastinum, die bei dauernder Erkrankung der Pleuren sich ja häufig ausgebildet.

Bei unserem Patienten waren infolge des hochgradigen und lang währenden Empyems alle Flächen der parietalen Pleura mit dicken Schwarten bedeckt, vor allem auch die sichtbare rechte Pleura mediastinalis und pericardiaca. Je derber diese Schwarten werden, um so mehr treten für die gesunde Lunge wieder Verhältnisse ein, wie am allseitig geschlossenen Thorax. Die auffallend geringe Dyspnoe in unserem Falle erklärt sich daher sehr gut aus dieser strammen Beschaffenheit des Septums, das zudem während des grössten Theiles der Inspiration noch stark activ gespannt wurde.

Mit dem Beginn der Expiration erschlaffte das Septum wieder und wurde nun sogar etwas in die offene, rechte Thoraxhälfte hineingetrieben. Liess man den Patienten husten, so occupirte das Mediastinum fast ein Drittel des pneumothoracischen Hohlraums und zeigte also eine ganz beträchtliche Verlagerung. Auf den ersten Blick könnte es scheinen, als sei die starke Excursion bei der Expiration mit der strammen, schwierigen Beschaffenheit der Membran nicht vereinbar. Wenn man aber bedenkt, dass bei der forcirten Expirationsbewegung des Hustens nicht bloss das Zwerchfell gewaltsam nach aufwärts getrieben wird, sondern zugleich auch alle übrigen Durchmesser des Thorax sich möglichst verkleinern, so begreift man, dass das völlig entspannte, zum Theil durch dies Zusammenrücken seiner Ansatzpunkte sogar gefaltete Mediastinum dem starken Druck in der gesunden Thoraxhälfte jetzt nachzugeben vermag, und zwar auch dann, wenn sein Gewebe selbst eine stark fibröse Beschaffenheit angenommen hatte.

Dies letzte Moment, die pathologische Verdickung des Mediastinum, vermag uns nun auch eine Erklärungsmöglichkeit zu gewähren für die auffallend verschiedene Reaction, welche Gesunde und Lungenkranke der Entstehung eines offenen Pneumothorax gegenüber zeigen. Je normaler, d. h. je zarter und dehnbarer das Mediastinum ist, um so schwerer wird ein Individuum diesen Eingriff ertragen. Je mehr der krankhafte Process schon zur Bildung von Schwarten geführt hat, um so mehr dürfen wir das Zustandekommen einer ausgiebigen Athmung der gesunden Seite erwarten.

Im allgemeinen hat man sich gewöhnt, die Ausbildung von Schwarten als einen nach jeder Seite hin dem Organismus nachtheiligen Vorgang zu betrachten, da der normalen, leichten und freien Beweglichkeit der Organe dadurch selbstverständlich eine hemmende Fessel aufgelegt wird. Wie aber die pleuritischen Adhäsionen bei verschiedenen Erkrankungen geradezu förderlich auf die Function der Lunge wirken, so sehen wir auch hier wieder einen pathologischen Process, der wenigstens in manchen Fällen das Gute schafft, wo es uns nahe lag, nur Böses von ihm zu vermuthen.

Ich fasse schliesslich einige der Hauptpunkte meiner Untersuchung nochmals kurz zusammen:

1. Die Wirkung eines einseitigen, nach aussen offenen Pneumothorax auf die Respiration hängt nicht ab von der absoluten Weite seiner Oeffnung, sondern von dem relativen Verhältniss zwischen der Grösse dieser Oeffnung und der Weite der zuführenden Luftwege.

2. Der zweite wesentliche Factor für das Zustandekommen einer Ventilation der gesunden Lunge beim offenen Pneumothorax ist die Beschaffenheit des Mediastinum. Ist dasselbe sehr zart und sehr leicht ausdehnbar, so wird es bei der Inspiration so stark gegen die gesunde Lunge hin aspirirt, dass es dieselbe an der Entfaltung hindert. Ist es sehr derb und straff gespannt, so bietet es einen festen Stützpunkt für die Erweiterung der gesunden Lunge und ermöglicht einen ausgiebigen Gaswechsel.

3. Sehr jugendliche Individuen und ebenso vorher an den Brustorganen völlig Gesunde ertragen wegen der Zartheit und Dehnbarkeit ihres Mediastinum daher den offenen Pneumothorax viel schwerer, als Patienten, bei denen durch starke Schwartenbildung das Mediastinum in eine derbe, unnachgiebige Membran verwandelt worden ist. Die Schwartenbildung ist in diesem Fall ein Vortheil für den Organismus.

4. Ausser dem anatomischen ist auch der functionelle Zustand des Mediastinum hierbei für den Athemmechanismus von grosser Bedeutung. Bei der Inspiration wird durch das Abwärtssteigen des Zwerchfells und die Grössenzunahme des sagittalen Durchmessers des Thorax das Mediastinum bedeutend angespannt, und die Athmung der gesunden Seite dadurch wesentlich erleichtert.

5. Dieser Factor ist beim offenen Pneumothorax um so wirkungsvoller, da bei diesem die inspiratorische Thorax- und Zwerchfellbewegung um das vier- bis fünffache an Grösse zunimmt.

6. Um die völlig collabirte Lunge der offenen Thoraxseite wieder zu einer gewissen Entfaltung und Theilnahme an der Respiration zu zwingen, empfiehlt es sich, die Thoraxöffnung am Ende einer forcirten Expiration mit einem Verband luftdicht zu verschliessen.

Verschliesst man einen doppelseitigen, nach aussen offenen Pneumothorax auf der Höhe der Inspiration, so herrscht jetzt im Thorax Atmosphärendruck, der bei der Expiration in positiven Druck übergeht und jeden Lufteintritt in die Lungen unmöglich macht.

Verschliesst man ihn umgekehrt am Ende der Expiration, so ist jetzt der Druck Null, er wird bei der Inspiration negativ und ermöglicht dadurch eine in den meisten Fällen normal ausgiebige Lungenventilation.