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.

Siebzehnter Jahrgang.

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

Verlag von Georg Thieme, Leipzig-Berlin.

I. Ueber die klinische Bedeutung der Athemformen.¹⁾

Von Prof. Dr. J. Gad, Berlin.

Wenn es sich um ein räumliches Gebilde handelt, so ist es selbstverständlich, was mit seiner Form gemeint sein soll. Anders ist dies mit einer Function, welche an sich kein räumliches Gebilde ist. Eine geschwungene Linie, oder eine Fläche oder ein Körper lassen verschiedene Dimensionen erkennen, durch die wir uns im Raume über ihre Form orientiren können. Nun können wir aber einer Function auch begriffliche Dimensionen unterziehen und diese symbolisch im Raume darstellen. Wir können für eine Function den Zeitverlauf als die eine Dimension betrachten, diese Dimension dem räumlichen Symbol als Abscisse zugrunde legen, und als Ordinate die Intensität der Function in jedem gegebenen Augenblicke wählen, dann bekommen wir eine gekrümmte Linie, eine Curve von bestimmter Form, welche uns symbolisch die Form der Function darstellen kann. Was nun die Athemformen anlangt, so bietet sich bei der Wahl der der Ordinate beizulegenden Bedeutung die Volumänderung des Thorax als die zweckmässigste dar. Um die Volumänderung des Thorax leicht aufschreiben zu können, dient ein Apparat von ungefähr folgender Form. Es ist ein Kasten mit doppelter Wandung, zwischen den Doppelwänden Wasserfüllung, und in dieser ein Kastendeckel um eine Axe leicht beweglich. Der bewegliche Kastendeckel hat wenig Masse, besteht aus einer dünnen, starren Substanz, aus Glimmer und trägt einen Schreiber. Ein Rohr am Boden des Kastens stellt die Verbindung her zur Trachea, sodass bei jeder Expiration der Schreiber gehoben, bei jeder Inspiration gesenkt werden muss. Die den Ordinatenwerthen entsprechenden Volumänderungen in Cubikcentimetern sind empirisch genau ermittelt. Diese Athemvolumschreiber lassen sich bei Thieren sehr bequem anwenden und haben hier schon zu einer grossen Reihe von Untersuchungen gedient, aber auch für den Menschen sind sie brauchbar. Für den letzteren ist die Anwendung bis jetzt noch nicht in einer Form geschehen, in der sie zu wissenschaftlich neuen Resultaten geführt hätte. Immerhin mache ich darauf aufmerksam, dass die am Menschen zu gewinnenden Curven einen grossen propädeutischen Werth haben. Wenn man den Menschen mit einer grossen Vorlage von Luft in Verbindung bringt, um Dyspnoe zu vermeiden, und die Vorlage mit einem Athemvolumschreiber in Verbindung setzt, dann bekommt man Curven, bei denen die Ausathmung etwas gekrümmt ist, und die Einathmung steiler verläuft. Auf der Höhe der Ausathmung sind expiratorische Pausen vorhanden oder wenigstens angedeutet. Das sind Dinge, wie schon Vierordt sie beschrieben hat, die grössere Geschwindigkeit der Einathmung und grössere Langsamkeit und Dauer der Ausathmung. Wenn man dann eine möglichst starke Inspiration machen lässt und darauf eine möglichst tiefe Expiration, und dann wieder ruhig athmet, so hat man in einem Curvenzuge 4 von den klassischen Hutchinson'schen Werthen vor sich, zwischen den beiden die expiratorischen Kuppen und die inspiratorischen Thäler tangirend gedachten Linien die sogenannte Respirationsluft, von dem tiefsten Punkte einer gewöhnlichen Inspiration bis zum tiefsten Punkte der angestrengten Inspiration die Complementärluft, zwischen der Höhe der gewöhnlichen und derjenigen der forcirten Expiration die Reserveluft, und von der grössten Höhe der forcirten Expiration bis zur grössten Tiefe der forcirten Inspiration

die Vitalcapacität. Es bleibt in der graphischen Darstellung dann nur noch nicht zur Anschauung gebracht die Residualluft, die man dann aber durch eine besondere Methode mit demselben Apparate bestimmt. Hierin liegt nichts neues, abgesehen von der Technik der Demonstration. Ich mache nur noch aufmerksam auf zwei Punkte, welche die Beachtung des klinischen Lehrers verdienen. Es fällt auf, dass die Mittellage, um welche die Athemvolumschwankungen sich vollziehen, bei demselben gesunden Menschen sehr verschieden liegt, bald höher bald tiefer. Das äussert sich dadurch, dass der Raum der Reserveluft bald grösser, der der Complementärluft kleiner gefunden wird, bald umgekehrt. Das muss bei pathologischen Zuständen noch viel mehr hervortreten. Zweitens liegt hierin ein Hinweis darauf, dass die Mittellage, um welche die Athemschwankungen erfolgen, keine feste Grösse ist, sondern selbst erheblich schwankt, und das stimmt überein mit den Thierversuchen, bei denen man deutlich zeigen kann, dass die Spannung der Inspirationsmuskeln auf der Höhe der Expiration nicht null ist, dass also bei der Athmung des Thieres und jedesfalls auch bei der des Menschen sich einem Tetanus des Zwerchfells von constanter Intensität ein Tetanus von wechselnder Intensität superponirt, ersterer bedingt einen gewissen Tiefstand des Zwerchfells, letzterer die Volumschwankungen der Athmung. Sie können das Thier durch einen plötzlichen Stich in den Nacken tödten, und dann weicht die Curve des Athemvolumschreibers nach oben ab bis zu einer Höhe, welche also der Cadaverstellung des Zwerchfells entsprechen würde. In dieser Ordinatendivergenz hätten Sie einen Tonus des Zwerchfells vor Augen, der dauernd besteht, auf welchen viel zu wenig geachtet wird, und der gewiss auch in der klinischen Betrachtung eine erhebliche Rolle spielen kann.

Wenn man die gewöhnlichste Abweichung von der normalen Athmung bei Thieren hervorbringen will, so geschieht es dadurch, dass man dieselbe Luft, die das Thier ausathmet, wieder zur Einathmung benutzen lässt. Man kann ein Kaninchen dadurch tödten, dass man es durch ein 30 cm langes Rohr von der Weite seiner eigenen Trachea athmen lässt, das vollkommen offen ist; die Luft geht dann nur hin und her, der Sauerstoff kommt nicht in die Lungen hinein und die Kohlensäure nicht heraus, und das Thier geht in der Dyspnoe zugrunde. Die Sache stellt sich so dar, dass beim Uebergang von der normalen Athmung in diese Lufthungerdyspnoe oder pneumatorektische Dyspnoe die Athemzüge nicht wesentlich schneller werden, aber tiefer, und dass die Mittellage, um welche die Athemcurve schwankt, ersichtlich sinkt; der Tonus des Zwerchfells nimmt zu, und die Volumschwankungen werden erheblich gesteigert. Ganz anders tritt die sogenannte Wärmedyspnoe auf, wie wir sie z. B. an einem Hunde sehen, der in der heissen Jahreszeit auf der Strasse erhitzt liegt und keuchend athmet, sehr schnelle oberflächliche Athemzüge macht, wobei das Wasser aus dem Maule tropft. Der charakteristische Unterschied dieser beiden Dyspnoeformen gestattet eine anziehende teleologische Erklärung. In dem ersten Falle besteht das Bedürfniss nach einer starken Lüftung der Lungen. Wenn wir das in der Zeiteinheit die Lungen passierende Luftvolum vermehren, und zwar dadurch, dass wir nicht häufiger, aber tiefer athmen, so wächst die Kohlensäureausscheidung stärker, als wenn wir dieselbe Volumvermehrung erreichen durch häufigere und kürzere Athemzüge. Das liegt daran, dass die Luft eines beträchtlichen Theiles jeden Athemzuges in Trachea und Hauptbronchien nur auf und abgeht, Trachea und Bronchien stellen einen schädlichen Raum dar für die Lungenventilation, der nicht dazu dient, dass Kohlensäure abgegeben und Sauerstoff auf-

¹⁾ Vortrag, gehalten im Verein für innere Medicin.

genommen wird. Also bei der Lufthungerdyspnoe ist diejenige Athemform, bei welcher die constante Grösse des schädlichen Raumes einen möglichst kleinen Bruchtheil des einzelnen Athemzuges ausmacht, durchaus indicirt, während bei der Wärmedyspnoe, wo das Thier oder der Mensch durch die beschleunigte Athmung sich gegen eine Hyperthermie schützt, die Verhältnisse anders liegen, hier soll viel Wärme abgegeben werden durch Verdunstung des Wassers an der Oberfläche der feuchten Schleimhäute und durch Erwärmen der Einathmungsluft, namentlich durch Verdunstung. Die Verdunstung findet aber schon in der Nase, dem Munde, der Trachea und den Bronchien statt, für diese Leistung der Athmung stellen die Trachea und die Bronchien keinen schädlichen Raum dar. Wenn man kurz und schneller athmet, so erzielt man den Effect der stärkeren Wärmeabgabe.

Ich will nun an einem Beispiele wirklich klinischen Charakters erörtern, wie die Kenntniss und Beobachtung der Athemformen unmittelbar das Handeln beeinflussen kann. Betrachten wir Fälle, in denen Transfusion nach starker Hämorrhagie indicirt erscheint. Man kann entsprechende Versuche an Thieren sehr leicht durchführen, wenn man den Thieren lebensgefährliche Aderlasse macht und physiologische Kochsalzlösungen zur Transfusion nimmt, das für die ersten 24 Stunden alles das leistet, was Blut leisten würde. Dabei treten charakteristische Aenderungen in den Athemformen auf, die auch vom klinischen Gesichtspunkte Aufmerksamkeit verdienen. Wenn man einen Menschen oder ein Thier vor sich hat, das starken Blutverlust erlitten hat, so muss man zunächst erwarten, dass, wenn dieser Organismus bis zu dem Momente des Blutergusses in Ordnung war, und er noch nicht durch den Blutverlust dauernd geschädigt ist, man ihn in einer starken Dyspnoe findet; denn wegen der verminderten Blutdurchströmung sind die Centren stark lufthungerig, und in der That, wenn man bei Kaninchen den Versuch macht, so bekommt man, während das Blut fliesst, zunächst im Anschluss an die gewöhnliche regelmässige Athmung die gewöhnliche Form der pneumotorektischen Dyspnoe. Man muss es also als ein gutes Zeichen ansehen, wenn ein Mensch, der starken Blutverlust erlitten hat, stark dyspnoeisch ist, es ist schon bedenklich, wenn er scheinbar normal athmet, dann ist der Fall suspect. Im Zustande pneumotorektischer Dyspnoe kann man das Thier unter allen Umständen wieder zum normalen Leben zurückführen. Dieser Zustand besteht zunächst, wenn man dem Thiere bis zu $\frac{1}{4}$ seiner Blutmenge genommen hat. Anders gestaltet es sich, wenn man nach starkem Blutverlust zu lange mit der Transfusion wartet, oder die Hämorrhagie weiter fortsetzt, namentlich wenn man sie wiederholt. Es gelingt bekanntlich nicht so leicht, Thiere auf einen Schlag aus einer Arterie todtbluten zu lassen. Am sichersten erreicht man schwere Hämorrhagieen beim Thier, wenn man Aderlass mit Transfusion abwechseln lässt. Bei den an der Grenze der Wiederherstellbarkeit stehenden Thieren kommt nun eine merkwürdige Erscheinung vor, dass nämlich, nachdem eine pneumotorektische Dyspnoe bestanden hat, die Form der Wärmedyspnoe auftritt. Das Phänomen ist nicht ganz regelmässig, kommt aber in sehr vielen Fällen vor. Eine Erklärung für das Auftreten dieser Athemform unter dieser Bedingung kann ich nicht geben. Das ist nun keine sehr bedrohliche Erscheinung, aber es ist, wenn sie besteht, nicht mehr so sicher, das Thier durch Transfusion zum normalen Leben zurückzuführen. Wenn man nun aber weiter geht mit der Blutentziehung oder mit Hinausschieben der Transfusion, dann kommt eine Erscheinung, die unter allen Umständen sehr bedenklich ist. Das ist seltene Athmung mit langen expiratorischen Pausen und zum Theil sehr tiefen einzelnen Athemzügen. Die Tiefe dieser Athemzüge hat mir beim Thier zunächst den Zustand als weniger bedenklich erscheinen lassen, als er ist; er ist aber fast immer der Vorbote sicheren Todes. Bei den Versuchsreihen, die ich vor einigen Jahren zusammen mit Herrn Holowschiner anstellte, haben wir nur selten noch Thiere mit solcher Athemform in's Leben zurückgerufen und nannten sie daher synkopische Athmung. Im Gegensatz zu der Tiefe der einzelnen Inspiration ist in diesem Zustande sehr bemerkenswerth, dass die expiratorische Pause immer zusammenfällt mit der Cadaverstellung des Thieres; einzelne tiefe Athemzüge kann es noch machen, aber der Tonus ist weggefallen: dies scheint das erste Zeichen von Collaps des Inspirationscentrums zu sein.

Noch auf eine Erscheinung weise ich hin, die man kennen muss, wenn man Transfusionen zur Lebensrettung machen will. Ich sagte, dass bei Zeichen von Lufthunger oder auch bei Wärmedyspnoe die Lebensrettung meist möglich ist. Aber in meinen ersten Versuchen wäre es beinahe passiert, dass ich das Einspritzen eingestellt hätte. Man trifft nämlich nicht selten, dass, während das Thier in einer dieser Dyspnoeformen ist, und man anfängt einzuspritzen, ein Stillstand der Respiration eintritt, er ist nicht in Cadaverstellung, sondern immer noch tiefer als die ursprüngliche Höhe der Expiration. Das zeigt schon, dass das Thier nicht gestorben ist in dem Momente, aber es hat keine Athmung; und dann

beginnt die Athmung wieder und tritt in regelmässiger Form ein. Es handelt sich also hier um eine reine Apnoe, die man aber kennen muss, wenn man sich nicht irre machen lassen will. Es ist ein Phänomen, das Analogieen besitzt. Es handelt sich bei der Apnoe jedesmal darum, dass die Erregbarkeit des Athemcentrums im Verhältnisse zum jeweilig vorhandenen Athemreiz zu klein ist; entweder ist der Athemreiz oder die Erregbarkeit zu klein. Im vorliegenden Falle kann bei der vorausgehenden mangelhaften Durchblutung der Centren die Erregbarkeit schon erheblich gesunken sein. Diese Art der Apnoe war mir schon bekannt aus anderen Beobachtungen, welche Filehne mitgeteilt hat und welche ich auch selbst schon gemacht hatte. Man kann nämlich dasselbe Phänomen hervorrufen an einem Kaninchen, dem man drei seiner Kopfarterien unterbunden hat, mit Freilassung der einen Carotis, und bei dem man nun die letzte Carotis langsam zusammendrückt; man bekommt zuerst Dyspnoe, bei längerem Zudrücken würden dann die Kussmaul-Tenner'schen Krämpfe eintreten; lüftet man aber vorher plötzlich den Verschluss, so bekommt man auch Apnoe, an welche sich dann normale Athmung anschliesst. Offenbar nimmt die Erregbarkeit des Inspirationscentrums langsamer wieder zu, als der Athemreiz bei plötzlichem kräftigem Zuströmen gut arterialisirten Blutes abnimmt.

Ergänzend füge ich hinzu, dass diese Athemvolumcurven ja natürlich nur eine willkürlich herausgegriffene Art der Symbolisirung der Athemformen darstellen, dass, wenn wir den lebenden Menschen, den Patienten beobachten, wir natürlich eine ganz andere Reihe von Formänderungen sehen, die uns auch Veranlassung geben können, von Athemformen zu reden und von Aenderungen der Athemformen. Ich mache aber darauf aufmerksam, dass diejenigen Beobachtungen, welche man mit blossen Auge oder mit dem zufühlenden Finger an den äusseren Thoraxwandungen oder am Abdomen machen kann, sich nicht ohne weiteres decken mit dem, was man aus der Athemvolumcurve schliessen kann. In der Athemvolumcurve haben wir nur den Nutzeffect der Athem- und Muskelanstrengungen vor uns, während wir an den Formänderungen des Thorax die Anstrengungen selbst erkennen; wenn also Hindernisse vorhanden sind oder partielle Unthätigkeit des Athemmuskelapparates, so kann bei einer sehr bedeutenden Anstrengung einzelner Theile der gesamte Nutzeffect doch nur klein sein. Der erfahrene Mann wird das natürlich auseinanderhalten können und wird wissen, aus den Aenderungen der Körperformen nicht nur auf die Aenderungen der Athemanstrengungen der einzelnen Athemtheile zu schliessen, sondern auch auf den Nutzeffect. Aber wegen dieser Disharmonie, die oft sehr stark ist, halte ich es propädeutisch für ungemein wichtig, dass man den einen Theil der Athemformen, welcher den Nutzeffect vorführt, dem Schüler an der Hand solcher Apparate gleich von Anfang an zu Gesicht bringt. Für die Erziehung unserer Sinne zur Orientirung in der Aussenwelt gilt es ganz allgemein, dass wir die Eindrücke jedes Sinnesgebietes nur unter der Controlle anderer Sinne zu deuten lernen. So ist es auch mit dem Sphygmographen gegangen. Ein geschickter Beobachter wird am Pulse alles fühlen können, was sein Auge aus dem Sphygmogramm herausliest, aber das Fühlen lernt sich am besten unter der Controlle des Gesichts.

Der Athemvolumschreiber könnte also auch klinisch werthvoll werden, weniger vielleicht dadurch, dass man damit etwa grosse Entdeckungen machen könnte, als dadurch, dass man den Schüler übt, die direkte Beobachtung zu controlliren durch Linien, welche den Nutzeffect der Athmung veranschaulichen. In diesem Sinne empfehle ich die Methode für den klinischen Unterricht.

Noch einen Punkt möchte ich erwähnen, bei welchem das Missverhältniss zwischen der Contraction eines Athemmuskels und dem Nutzeffect für die Athmung eine wichtige Rolle spielt. Man findet noch bis in die neueste Zeit die Faradisirung des Phrenicus als Mittel zur lebensrettenden künstlichen Athmung in therapeutischen Lehrbüchern empfohlen oder wenigstens angeführt. Bei Faradisirung des Phrenicus wird aber wesentlich nur das Zwerchfell in Thätigkeit gesetzt, und es ist eine irrige Annahme, dass das Zwerchfell genügt für eine ausreichende Athmung. Man sagt, dass gewisse Thiere, Kaninchen, nur mit dem Zwerchfell athmen. Das ist falsch, die Thätigkeit der Thoraxmuskeln ist ganz nothwendig, um dem Zwerchfell den Rückhalt zu geben. Schneidet man einem Kaninchen das unterste Halsmark durch, so dass also die Thoraxmuskeln gelähmt sind, so können zuerst noch dieselben Luftvolumina geathmet werden, aber das Zwerchfell muss sich weit stärker als gewöhnlich anstrengen; und man sieht, wie der Thorax bei jeder Inspiration eingezogen wird, weil die Thoraxmuskeln keinen Rückhalt mehr bieten. Aehnlich wird beim Menschen, wenn man nur das Zwerchfell contrahirt, der Thorax heruntergezogen, und dasselbe geschieht, wenn man durch Faradisirung des Phrenicus künstliche Athmung machen will. Filehne hat dies durch Thierexperimente schon vor Jahren nachgewiesen.