

437493  
826

731

Herrn Prof. Dr. Rauber  
Lehrstuhl  
i. Med.

Wien  
Donat d. 24. April 1886

DEUTSCHES  
ARCHIV FÜR KLINISCHE MEDICIN.

SEPARATABDRUCK.

Wien  
107977

## Experimentelle Studien über das bronchiale Athmungsgeräusch und die auscultatorischen Cavernensymptome.

Von

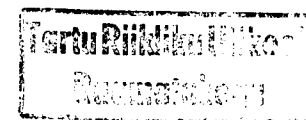
Dr. med. Karl Dehio,  
Docent der Universität Dorpat.

### I. Bronchiales Athmungsgeräusch.

Es wird allgemein anerkannt, dass das bronchiale Athmungsgeräusch im Kehlkopf entstehe und von dort in die Trachea und den Bronchialbaum fortgeleitet werde. Dass im Kehlkopf bei der Respiration ein Geräusch hervorgerufen wird, kann allerdings keinem Zweifel unterliegen. Man braucht blos den Kehlkopf eines lebenden Menschen zu auscultiren oder durch einen der Leiche entnommenen Kehlkopf Luft hindurch zu blasen, um sich durch directe Beobachtung von der Entstehung eines Geräusches zu überzeugen. Auch gegen die allgemein acceptirte Erklärung desselben durch Luftwirbel und Luftvibrationen, welche im respiratorischen Luftstrom durch die plötzliche Verengerung der Athmungswege an der Stimmritze hervorgerufen werden, ist nichts einzuwenden.

Eher schon könnte es fraglich erscheinen, ob der Kehlkopf wirklich die einzige Quelle des bronchialen Athmungsgeräusches abgibt, oder ob nicht auch an anderen Stellen des Bronchialbaumes die physikalischen Bedingungen für die Entstehung respiratorischer Geräusche vorhanden sind. Dass innerhalb glattwandiger, ungetheilter Röhren Geräusche erst dann entstehen, wenn der durchstreichende Luftzug eine so bedeutende Geschwindigkeit erlangt, wie sie die Respirationluft auch bei der stärksten Athmung nicht besitzt, hat schon Halbertsma<sup>1)</sup> nachgewiesen. Wenn demnach im Verlauf der Trachea und der einzelnen Bronchen keine Geräusche entstehen

1) Nederlandsch Tijdschrift voor Geneeskunde. 1877.



437493

können, so bliebe nur noch zu entscheiden, ob solche vielleicht an den Theilungsstellen der Luftwege zu Stande kommen, sei es nun durch Bildung von Luftwirbeln dort, wo der Luftstrom sich gabelig spaltet, sei es dadurch, dass der an der Oeffnung eines Bronchus vorbeiziehende Luftstrom denselben gleichsam anbläst und die im Bronchus enthaltene Luftsäule in tönende Schwingung versetzt, wie das etwa beim Anblasen eines hohlen Schlüsselbartes geschieht. Die erste dieser beiden Annahmen erscheint bei der regelmässigen Configuration der Bifurcationsstellen, welche dem respiratorischen Luftstrom kaum erhebliche Widerstände entgegenstellen dürften, a priori nicht sehr wahrscheinlich; die zweite dürfte nur für solche Bronchen passen, in denen eine Luftströmung nicht stattfindet, die also etwa in pneumonisch infiltrirte, nicht respirirende Lungenpartien hinein führen. Da beide Hypothesen durch eine Autorität wie Wintrich<sup>1)</sup> gestützt werden, so hielt ich es nicht für überflüssig, eine experimentelle Prüfung derselben zu versuchen.

Ich verband ein circa 10 Meter langes Gummirohr, dessen Lumen 7,5 Mm. betrug, ähnlich wie das schon Halbertsma gethan hatte, mit dem Windkessel eines Waldenburg'schen Apparates und spaltete das andere Ende durch zwei Längsschnitte etwa 45 Cm. weit der Länge nach auf, so dass ich zwei gleich weite Hohlrinnen erhielt, die eine directe Fortsetzung des Gummirohres bildeten. Dann leimte ich die beiden Hohlrinnen mit ihren Schnittflächen derart auf die Aussenfläche zweier glatter im Winkel von circa 60° aneinander gefügter Breter auf, dass das eine Halbrohr auf dem einen Bret, das andere auf dem anderen Bret hinabließ und die gabelige Spaltungsstelle reitend auf dem scharfen Vereinigungswinkel der beiden Breter aufsass. So erhielt ich ein Rohr mit cylindrischem Lumen, das sich gabelig spaltete und in zwei Röhren auslief, deren jede ein Lumen von halbcylindrischer Form und einen halb so grossen Querschnitt hatte als das zuführende Rohr. Der Querschnitt dieser Röhren kam einigermaassen dem der Bronchen zweiter Ordnung gleich. Durch grössere oder geringere Belastung des Windkessels konnte ich jetzt die Luft aus demselben mit einer beliebigen, leicht zu berechnenden Geschwindigkeit durch das Gummirohr hindurch treiben. Ein leises, blasendes Geräusch, welches an der Bifurcationsstelle entstand und bei der Auscultation des Rohres bis etwa zur Mitte desselben hinauf hörbar war, erhielt ich erst, wenn der Luftstrom im zuführenden Rohr eine Geschwindigkeit von 5500 Mm. in der Secunde erreichte.

1) Virchow's Handb. d. spec. Pathol. u. Ther. Bd. V. Abth. I. S. 160. 1854.

Bei langsamerer Luftströmung war nirgends am Röhrensystem ein Geräusch zu hören. Bei grösserer Geschwindigkeit wurde dasselbe immer lauter und verbreitete sich schliesslich über die ganze Länge des Rohres. Wenn ich dagegen das Ende des einen Endrohres verschloss, so dass die Luft nur zum anderen Ende der Gabelröhre hinaustreten konnte, so erhielt ich schon bei einer Stromesgeschwindigkeit von 3300 Mm. (in der Secunde) ein leises, an der Bifurcation am deutlichsten hörbares Geräusch.

Anmerkung. In dem noch nicht gespaltenen, 10 Meter langen Rohr entstand ein Geräusch erst bei einer Luftgeschwindigkeit von 6470 Mm. (in der Secunde), während Halbertsma ein solches schon bei 1200 Mm. Geschwindigkeit erzielte. Das von ihm benutzte Rohr hatte einen Durchmesser von 8 Mm. Diese starke Differenz unserer Zahlen kann ich mir aus der Beschreibung seines Versuches nicht erklären. Vielleicht hatte das von ihm benutzte Rohr eine weniger glatte Innenfläche als das meine.

Da nun die Stromesgeschwindigkeit der Athmungsluft in den grösseren Bronchen etwa 700 Mm. binnen 1 Secunde beträgt, nach meinen Versuchen aber Geräusche an den Theilungsstellen glatter Röhren erst bei einer 5—8 mal grösseren Geschwindigkeit entstehen, so dürfte der Schluss erlaubt sein, dass bei der Respiration an den Bifurcationsstellen der grösseren Bronchen keine Geräusche entstehen. In den feineren Bronchialzweigen ist trotz ihrer grösseren Enge der Luftstrom ein viel langsamer und es werden daher in ihnen erst recht keine Geräusche entstehen können. Ich glaube daher bei der Annahme bleiben zu dürfen, dass innerhalb des Tracheobronchialbaumes und speciell an den Theilungsstellen der Bronchen unter normalen Verhältnissen keine respiratorischen Geräusche durch Luftwirbelbildung entstehen.

Dass an den vorspringenden Ecken und Kanten der Mund-, Nasen- und Rachenhöhle der respiratorische Luftstrom den mannigfaltigsten Widerständen begegnet, welche Wirbelbewegungen der Athmungsluft und somit Geräusche hervorrufen, welche noch durch die Resonanz der genannten Höhlen verstärkt werden, ist allbekannt. Man kann sich jedoch bei der Auscultation des Larynx und der Trachea leicht davon überzeugen, dass diese „Respirationsgeräusche im weiteren Sinne“ für die Qualität des im Larynx und im Tracheobronchialbaum hörbaren Bronchialathmens von keiner Bedeutung sind. Wenn man einen Menschen durch den Mund athmen lässt, so hört man am Munde und den Wangen ein hauchendes Geräusch, welches je nach der Weite der Mundöffnung und der Configuration der Mundrachenhöhle eine verschiedene Tonhöhe zeigt. Wenn man nun den Larynx und

die Trachea auscultirt, so kann man leicht wahrnehmen, dass dieses Geräusch auch noch in die Luftwege unterhalb der Glottis fortgeleitet wird, allein dasselbe ist relativ leise und modificirt durchaus nicht das in der Trachea hörbare eigentliche, bronchiale Athmungsgeräusch, welches unabhängig hiervon seine eigene Tonhöhe bewahrt. Die respiratorischen Mund- und Schlundgeräusche kommen also für die Genese des eigentlichen Bronchialathmens nicht in Betracht und ich werde sie daher hier nicht weiter berücksichtigen.

Ein directer Beweis dafür, dass das bronchiale Athmungsgeräusch ausschliesslich durch den Larynx hervorgerufen wird, lässt sich übrigens leicht durch Beobachtungen an Tracheotomirten erbringen. Ich auscultirte einen Mann, an welchem wegen Perichondritis laryngea und nachfolgender Laryngostenose die Tracheotomie vor mehreren Monaten gemacht worden war. Entfernte man die Canüle, so strich der respiratorische Luftstrom leicht und, da die Fistelöffnung weit war und glatt und ohne Verengerung unmerklich in die Trachea übergang, völlig geräuschlos durch die Luftröhrenfistel aus und ein. Der Kehlkopf, die Quelle des normalen Athmungsgeräusches, war also hier ausgeschaltet und eine andere, künstliche Verengerung der Athmungswege, die ein Geräusch hätte hervorbringen können, fehlte. Dem entsprechend hörte man an der Trachea kein bronchiales Athmungsgeräusch, sondern allenfalls bei stärkeren Athembewegungen ein leises expiratorisches Hauchen, welches jedoch mehr an der äusseren Oeffnung der Fistel zu entstehen schien. Verschluss man aber die Tracheafistel, so dass der Mann gezwungen war, durch den (übrigens nicht sehr hochgradig verengten) Kehlkopf zu athmen, so entstand sofort ein auf weite Entfernung hörbares stridoröses Athmungsgeräusch, und bei der Auscultation der Trachea hörte man ein sehr lautes und scharfes bronchiales Athmungsgeräusch. Zum Zustandekommen des letzteren war also offenbar das Durchströmen der Luft durch die enge Passage des Kehlkopfes eine *Conditio sine qua non*. Wären nicht blos im Larynx, sondern auch im Tracheo-bronchialbaum die Bedingungen zur Entstehung eines respiratorischen Geräusches vorhanden gewesen, so hätte dasselbe bei der Athmung durch die Tracheafistel nicht so vollständig verschwinden können.

Unser kritisch-experimenteller Ueberblick zwingt uns also sowohl auf dem Wege der Exclusion aller sonstigen Möglichkeiten als auch auf dem der directen Beobachtung zur Annahme, dass die *Stimmritze in der That der einzige Ort ist, wo durch die Athmung Luftwirbel von genügender Stärke entstehen, um ein hörbares Respirationsgeräusch hervorzubringen*. Das ist auch der Standpunkt, welchen

die neueren Autoren wie Eichhorst<sup>1)</sup> und Guttman<sup>2)</sup> einnehmen, mit denen ich soweit vollkommen übereinstimme.

Weiterhin aber muss ich abweichender Meinung sein.

Nach den genannten Autoren nämlich wird das an der Stimmritze entstehende Athmungsgeräusch einfach durch die in der Trachea und den Bronchen eingeschlossene Luftsäule bis in die feineren Bronchen fortgeleitet oder fortgepflanzt und ist überall da hörbar, wo die Trachea oder die lufthaltigen Bronchen sich ohne Dazwischenkunft des die Wahrnehmung dieses Athmungsgeräusches hindernden oder modificirenden, lufthaltigen Lungengewebes auscultiren lassen. Danach wäre also das bronchiale Athmungsgeräusch, welches man z. B. über verdichteten, luftleer gewordenen Lungenpartien zu hören bekommt, weiter nichts als das fortgeleitete, im Kehlkopf entstandene („laryngeale“) Athmungsgeräusch. Der Tracheo-bronchialbaum und die in ihm enthaltene Luft würden also nach dieser Auffassung eine passive Rolle spielen und lediglich, wie die Röhren der Pariser Wasserleitung im Biot'schen Versuch, zur Fortleitung des an ihrem oberen Ende erzeugten Geräusches dienen.

Dass dem aber nicht ganz so ist, davon kann man sich leicht durch einige einfache Versuche überzeugen.

Wenn man durch einen der Leiche entnommenen und von der Trachea abgetrennten Kehlkopf Luft hindurchbläst, so entsteht ein scharfes, blasendes oder schlürfendes Geräusch. Die Kliniker sind gewohnt, ein solches Geräusch mit dem Namen eines Stenosengeräusches zu bezeichnen. Ein bronchialer Timbre oder, wie schon Skoda sich treffend ausdrückt, der Charakter des Röhrenathmens geht aber diesem Geräusch vollständig ab. Wenn man dagegen den Kehlkopf mit der Trachea in Zusammenhang belässt und nun Luft durch denselben hindurchbläst, so erhält man ein Geräusch, welchem Jeder sofort einen bronchialen Charakter zuerkennen wird. Die Tonhöhe des so erzeugten Geräusches wird bei gleichbleibender Weite der Stimmritze desto höher, je mehr man die Trachea durch Beschneiden des unteren Endes verkürzt. Es fragt sich nun, wie diese Beobachtung zu deuten ist. Wenn in der That die Annahme richtig wäre, dass die Trachea und der Bronchialbaum lediglich das im Kehlkopf entstandene Geräusch fortleiten, so müsste das im Kehlkopf entstandene Stenosengeräusch sich stets gleichbleiben, einerlei ob es durch ein längeres oder kürzeres Luftröhrenstück oder ganz ohne ein sol-

1) Lehrbuch der physikalischen Untersuchungsmethoden innerer Krankheiten. 1881. S. 316.

2) Lehrbuch der klinischen Untersuchungsmethoden. 1884. S. 155.

ches direct durch die freie Luft fortgepflanzt wird. Das Factum aber, dass dem nicht so ist, dass vielmehr das Geräusch bronchial klingt, so lange der Kehlkopf mit der Trachea zusammenhängt, und dass dasselbe seinen bronchialen Charakter verliert, sobald die Luftröhre entfernt wird, bliebe bei dieser Annahme physikalisch unerklärt. Wir werden daher zu der Vermuthung gedrängt, dass es sich nicht einfach um eine passive Fortleitung des laryngealen Stenosengeräusches durch die Luftröhre handelt, sondern dass die letztere und die in ihr eingeschlossene Luftsäule sich auch direct, so zu sagen activ, an der Erzeugung derjenigen Schallqualität betheiligen, welche wir als bronchiales Athmungsgeräusch bezeichnen.

Wenn dem in der That so ist, so muss nicht blos das laryngeale Stenosengeräusch, sondern auch jedes andere ähnlich klingende, dem gewöhnlichen Leben entnommene Geräusch sich in ein bronchiales umwandeln lassen, sobald es gelingt, dasselbe innerhalb der tracheo-bronchialen Luftwege zu erzeugen.

Es galt, diese Vermuthung experimentell zu prüfen.

Ein künstliches Stenosengeräusch konnte ich leicht erzeugen, indem ich Luft durch einen gewöhnlichen geraden Katheter hindurchblies, oder besser noch, indem ich den Windkessel eines Waldenburg'schen Apparates mit einem langen Gummischlauch verband, in dessen anderes Ende ein Katheter luftdicht eingeschoben war. Um den Eigenton der Katheterröhre vollends zu dämpfen, schob ich ein Flöckchen Watte in dieselbe hinein. Durch Verdichtung resp. Verdünnung der Luft des Windkessels wurde nun Luft durch den Katheter durchgetrieben resp. angesogen. Es entstand hierbei an dem Auge des Katheters ein scharfes Blasegeräusch, das keine Spur eines musikalischen Klanges besass und daher auch keine sicher bestimmbare Tonhöhe hatte. Ich werde der Kürze halber im weiteren Verlauf meiner Arbeit dieses Geräusch als „Kathetergeräusch“ bezeichnen. Indem ich diesen Katheter nun in die Luftröhre des zu untersuchenden Bronchialbaumes hineinschob, konnte ich innerhalb desselben das beschriebene Geräusch hervorrufen. — Es galt nun noch, den Bronchialbaum einer Lunge möglichst vom umgebenden Lungenparenchym, welches das etwaige bronchiale Geräusch hätte beeinträchtigen können, zu befreien und denselben dann bis in seine feineren Verzweigungen hinab bequem der Auscultation zugänglich zu machen. Einen solchen Bronchialbaum stellte ich mir auf folgende Weise her<sup>1)</sup>: Die im Zusammenhang mit der Trachea herausgenom-

1) Die folgende Beschreibung ist schon von C. Horn, mit dem ich einen Theil meiner Versuche gemeinsam anstellte, in seiner Dissertation (Experimentelle

menen Lungen eines Schweines wurden entweder von der Trachea aus oder durch die Pulmonalarterie mit Glycerin injicirt. Verbrauch wurden dabei 6—8 Pfund Glycerin. Nach Ablauf einiger Tage hatten sich sowohl das Lungengewebe als auch die Wandungen der Bronchen vollständig mit Glycerin imbibirt und waren auf diese Weise vor dem Eintrocknen geschützt. Für dieses Auskunftsmitel bin ich Herrn Prof. L. Stieda, welcher mich auf dasselbe aufmerksam machte, zu Dank verpflichtet. Darauf wurde der Bronchialbaum, soweit das möglich war, mit seinen Verzweigungen herauspräparirt und vom Lungenparenchym befreit. Der herauspräparirte Bronchialbaum wurde nun an allen seinen Enden unterbunden und verkehrt aufgehängt, um den in ihm noch enthaltenen Glycerinrest auslaufen zu lassen. Dann wurde die Trachea an ihrer Mündung sorgfältig mit Watte tamponirt und der ganze lufthaltige Bronchialbaum mit einer heissen, dickflüssigen, wässrigen Gelatinelösung überzogen, um durch diese rasch erstarrende Masse die etwa unbemerkt gebliebenen Risse und Löcher sicher zu verschliessen. Der so glasirte Bronchialbaum wurde in einem Pappkasten ausgebreitet, mit einer dickflüssigen warmen Gelatinelösung übergossen und dem Erkalten überlassen. Hierbei erstarrte die Gelatine zu einer festelastischen Masse, welche sich gut schneiden liess, und bildete einen 5—6 Cm. dicken, flachen Kuchen, in welchem der luftgefüllte Bronchialbaum sich als ein dendritisch verzweigtes System von Hohlgängen eingeschlossen befand.

So war die Möglichkeit gewonnen, auch die feineren Bronchen zu auscultiren, da die feste, den Schall gutleitende Masse, in welcher der Bronchialbaum eingebettet lag, eine schützende Decke von ungefähr  $\frac{1}{2}$  Cm. Dicke darüber ausbreitete, welcher man bequem an jeder beliebigen Stelle das Stethoskop oder das Ohr adaptiren konnte. In die Mündung der von ihrem Tampon befreiten Trachea wurde nun der Katheter einige Centimeter tief eingeführt und durch denselben das schon beschriebene Kathetergeräusch erzeugt.

*Beim Auscultiren hörte man jetzt über der ganzen Ausdehnung des Bronchialbaumes ein lautes, deutliches Geräusch, welches seinem akustischen Charakter nach durchaus als bronchial bezeichnet werden musste.* Es glich vollkommen dem Respirationsgeräusch, welches man am Larynx oder der Trachea eines Gesunden oder über einer vollständig hepatisirten Lunge zu hören bekommt. Durch aufmerksames, längere Zeit andauerndes Hören konnte man dieses Geräusch sehr gut als zusammengesetzt erkennen. Neben dem scharfen, bla-

Beiträge zur physikalischen Diagnostik der Respirationsorgane. Dorpat 1894) geliefert worden.

senden Kathetergeräusch liess sich aufs Schönste noch ein hauchender, musikalischer Ton erkennen, dessen Tonhöhe leicht bestimmt werden konnte. Dem auscultirenden Ohr machte er sofort den Eindruck, dass er innerhalb eines röhrenförmigen Gebildes entstehe; er hatte eben den ausgesprochenen Charakter des Röhrentones, den zu definiren zwar sehr schwer sein dürfte, den aber ein einigermaassen geübtes Ohr sofort mit *intensiver* Sicherheit zu erkennen vermag. Will man sich diesen Ton, welchen ich als „bronchialen Röhrenton“ bezeichnen möchte, versinnlichen, so braucht man blos einen Katheter in ein leeres Gefäss, ein Probirröhrchen u. dergl. hineinzustecken und Luft durchzublasen. Sofort entsteht neben dem schlürfenden Kathetergeräusch auch der bronchiale Röhrenton.

Anmerkung. Wenn ich dem schon erwähnten Tracheotomirten einen männlichen Katheter durch die Trachealfistel tief in die Luftröhre einführte und nun Luft durch denselben durchblasen liess, so hörte ich an der Trachea deutlich dasselbe bronchiale Geräusch, welches ich in analoger Weise an meinem isolirten Bronchialbaum erzeugte.

Das im eingeschmolzenen Bronchialbaum erzeugte Geräusch liess sich also in zwei Componenten zerlegen: in das Kathetergeräusch und den bronchialen Röhrenton.

Es verhielt sich also mit diesem Geräusch ähnlich so, wie mit den meisten Geräuschen des gewöhnlichen Lebens, welche sich gleichfalls bei genauem Zuhören in eine Summe verschiedener Partialgeräusche auflösen. Wenn ich z. B. mit einem Federstiel über die Platte meines Schreibtisches hinahre, so höre ich deutlich, dass das erzeugte Geräusch erstens aus einem charakteristischen Schaben besteht, welches durch die Reibung des Holzstiftes auf dem grünen Tuch hervorgerufen wird, und zweitens noch ein mehr musikalischen Beiklang hat, welcher offenbar von der durch das Anschaben in Vibration versetzten Tischplatte herrührt.

Fragen wir nun, wie wir die Entstehung des künstlich erzeugten Bronchialgeräusches im isolirten Bronchialbaum zu erklären haben, so muss, da dasselbe aus der Summe zweier gesonderter Componenten besteht, auch die Entstehung dieser beiden Componenten gesondert klargelegt werden.

Was zunächst das Kathetergeräusch anlangt, so unterliegt die Erklärung desselben durch Luftwirbel, welche am Auge des Katheters entstehen, keinerlei Schwierigkeit; es ist nicht nur in seinem akustischen Charakter, sondern auch seiner physikalischen Entstehung nach dem normaliter an der Stimmritze entstehenden respiratorischen Stenosengeräusch gleichzusetzen.

Betreffs der zweiten Componente, nämlich des bronchialen Röhrentones, lässt sich zunächst feststellen, dass zur Erzeugung desselben keinerlei Luftströmung oder Luftbewegung innerhalb der Bronchen

nöthig ist. In meinem isolirten Bronchialbaum waren die Enden sämtlicher Bronchen verschlossen, so dass keine Luft durch dieselben durchströmen konnte; von einem Luftzuge in ihnen war also keine Rede. Allenfalls könnte man annehmen, dass die aus dem Katheter ausströmende Luft die Trachea an ihrem oberen Ende wie eine Röhrenpfeife angeblasen und dadurch den Röhrenton hervorgerufen habe; es lässt sich aber leicht nachweisen, dass auch diese Erklärung nicht zutreffend ist. Denn erstens war der Luftstrom, der aus dem Katheter austrat, wohl zu schwach, um die weite Trachea anzublasen, und wenn ich zweitens statt des Kathetergeräusches ein Reibungsgeräusch in der Trachea erzeugte, indem ich die mit rauhem Papier beklebten Enden zweier dünner Stäbchen tief in die Trachea hineinsteckte und nun aneinander rieb, so wurde durch dieses Reibungsgeräusch genau derselbe bronchiale Röhrenton wachgerufen, obgleich hierbei von einem Angeblasenwerden der Trachealöffnung absolut nicht die Rede sein konnte. Diese Erfahrungen lassen sich leicht an jedem beliebigen Glas- oder Gummirohr bestätigen. Je öfter ich meine Versuche wiederholte und je mannigfacher ich sie modificirte, desto mehr überzeugte ich mich davon, dass ein jedes Geräusch, einerlei wie ich es erzeugte, einerlei ob es hoch oder tief, dumpf oder hell schallte, stets denselben bronchialen Röhrenton mit gleicher Klangfarbe und gleicher Tonhöhe hervorrief. Die Stärke und Lautheit dieses Röhrentones stand ceteris paribus in directer Proportionalität zur Stärke und Lautheit des ursächlichen Geräusches; der Timbre und die Tonhöhe des Röhrentones wurden dagegen lediglich bestimmt durch die Gestalt und die Dimensionen des Bronchialbaumes, innerhalb dessen das Geräusch erzeugt wurde. Verengerte ich die Trachealöffnung, so wurde der Ton bei gleichbleibendem Kathetergeräusch tiefer, dumpfer und weniger klangvoll, verkleinerte ich das Gesammlumen des Bronchialbaumes, indem ich einen Theil der Bronchen mit Wasser voll goss, oder die Trachea durch eingesetzte diaphragmaartige Querwände bald höher, bald tiefer verschloss, so traten die mannigfaltigsten Veränderungen der Tonhöhe des bronchialen Röhrentones auf. Stets jedoch stimmte derselbe genau mit der Höhe des tympanitischen Schalles überein, welcher durch die Percussion der Trachea erzeugt werden konnte.

Dieses Verhalten des bronchialen Röhrentones beweist, dass derselbe als ein reines Resonanzphänomen aufzufassen ist. Die im Tracheobronchialbaum eingeschlossene Luftsäule bildet ein von relativ festen Wänden begrenztes Luftvolumen, welches die Fähigkeit besitzt, beim leisesten Anstoss in stehende Schwingungen von einer

bestimmten Wellenlänge und einer unveränderlichen Schwingungszahl zu gerathen. Entsteht innerhalb dieser Luftmasse ein beliebiges Geräusch, so sind in demselben immer einzelne periodische Oscillationen vorhanden, deren Schwingungszahl mit der Periode desjenigen Tones übereinstimmt, auf den die Luftsäule des Bronchialbaumes so zu sagen abgestimmt ist. Diese Oscillationen müssen die bronchiale Luftsäule in resonatorische Mitschwingungen versetzen und somit den derselben zukommenden Röhrenton wachrufen.

*Ganz ebenso, wie in meinem isolirten Bronchialbaum, müssen sich die Dinge auch in den Luftwegen der athmenden Lunge des Lebenden verhalten, denn die physikalischen Verhältnisse sind hier wie dort dieselben, nur dass das Kathetergeräusch durch das analoge respiratorische Stenosengeräusch an der Stimmritze ersetzt ist. Dass die tracheobronchiale Luftsäule im isolirten Bronchialbaum sich in Ruhe befindet, während sie in der athmenden Lunge in strömender Bewegung begriffen ist, ist gleichgültig, denn die Resonanzfähigkeit derselben wird dadurch nicht beeinflusst. Sobald der respiratorische Luftstrom eines athmenden Menschen stark genug ist, um ein laryngeales Stenosengeräusch zu erzeugen, so wird durch dieses letztere auch die Resonanz der tracheobronchialen Luftsäule wachgerufen, und diese Resonanz ist es, welche dem bronchialen Athmungsgeräusch erst seinen spezifischen tonartigen Charakter verleiht.* In der That kann man bei der Auscultation eines athmenden Larynx das schlürfende, nicht musikalische Stenosengeräusch einerseits und den mit demselben verbundenen resonatorischen Röhrenton andererseits unterscheiden und sich gesondert zum Bewusstsein bringen.

Ich bin mir dessen wohl bewusst, im Obigen keine neue Ansicht ausgesprochen zu haben; stimmt dieselbe doch im Grunde mit der Consonanztheorie überein, welche Skoda mit genialem Scharfblick aufgestellt und Zaminer mit der seiner physikalischen Auffassungsweise eigenen Klarheit vertheidigt hat. Mir scheint jedoch die heutige Anschauung über die Entstehung des bronchialen Athmungsgeräusches, die Fortleitung des respiratorischen Kehlkopfgeräusches in einseitiger Weise zu sehr betont und die Bedeutung der Resonanz innerhalb der Luftwege zu wenig berücksichtigt zu werden. Eichhorst (l. c.) und Guttman (l. c.) z. B. lassen dieselbe ganz unerwähnt. Wohl spricht Letzterer<sup>1)</sup> von dem „tonartigen Geräusch“, welches man bei der Auscultation des Larynx und der Trachea wahrnimmt; für das Tonartige dieses Geräusches gibt er jedoch keine nähere Erklärung,

1) l. c. S. 155.

während es doch feststeht, dass das an der Stimmritze durch Luftwirbel entstehende Geräusch an und für sich ebensowenig einen tonartigen Charakter haben kann, als das Geräusch, welches man jederzeit dadurch erzeugen kann, dass man Luft zwischen den einander genäherten und auf die Lippen gedrückten Fingern oder durch einen von der Trachea abgetrennten Kehlkopf hindurchbläst.

Wenn es mir gelungen sein sollte, experimentell nachzuweisen, dass neben der Fortleitung des Kehlkopfgeräusches auch die Resonanz innerhalb der Luftwege der Lunge zu Recht besteht, so habe ich meinen Zweck erreicht.

Weiterhin boten sich mir noch etliche Detailfragen, welche namentlich die Tonhöhe und den acustischen Charakter des bronchialen Athmungsgeräusches betrafen, zur Untersuchung dar.

Wenn man nämlich das Phantom des Luftröhrensystems, und ein solches ist ja mein isolirter und in Gelatine eingeschmolzener Tracheobronchialbaum, auscultirt, während das Kathetergeräusch im oberen Drittel der Trachea erzeugt wird, so hört man das bronchiale Geräusch am deutlichsten und lautesten über der Trachea selbst. Von hier aus verbreitet es sich über den ganzen Bronchialbaum, so dass man dasselbe überall hören kann, mag man nun das Ohr auf die Bifurcation der Trachea, oder mehr oder weniger weit peripherwärts auf grössere oder kleinere Bronchen aufsetzen. Allein man bemerkt dabei, dass das Bronchialgeräusch wohl überall seinen spezifischen Charakter des Röhrenathmens beibehält, aber doch nicht überall genau gleichklingt; je weiter zur Peripherie hin, je kleiner und enger die auscultirten Bronchen werden, je mehr sie sich verästeln, desto undeutlicher hört man das ursprünglich so laute Geräusch der Trachea. Statt dessen treten aber sowohl in den grösseren als in den kleineren Bronchen selbständige resonatorische Partialtöne auf, welche an sich zwar viel leiser sind, als das in der Trachea entstehende Geräusch, allein dadurch, dass sie sich zum letzteren hinzu addiren, gleichsam in der Art der Obertöne wirken und den acustischen Charakter, die Klangfarbe des Bronchialgeräusches sehr bedeutend verändern. Je weiter peripherwärts man auscultirt, desto mehr tritt das tracheale Geräusch in den Hintergrund und desto mehr wird dasselbe von den Partialtönen oder, wie ich mich vielleicht besser ausdrücke, den localen Resonanztönen der Bronchen überwogen. So höre ich z. B. an einem meiner Phantome des Bronchialbaumes, wenn ich das Kathetergeräusch in der Trachea erzeuge,

einen lauten, musikalischen Röhrenton von der Tonhöhe B der chromatischen Tonleiter. Wenn ich dagegen mein Ohr etwa 3 Cm. unterhalb der Bifurcation auf den rechten Hauptbronchus aufsetze, so war an dieser Stelle gleichfalls noch das B aus dem daselbst vorhandenen bronchialen Geräusch herauszuhören, daneben aber war ein deutlicher zweiter Ton (f bis fis) hörbar und an der entsprechenden Stelle des linken Bronchus ein Ton von der Höhe d. An der Bifurcation der Luftröhre konnte man alle drei Töne zugleich wahrnehmen, jedoch so, dass B am lautesten war. Je weiter ich die beiden Bronchen nach abwärts verfolgte, um so mehr verlor das bronchiale Geräusch den klangvollen, tiefen, weichhauchenden Schall; es wurde schärfer, höher und nahm einen fast kochenden Charakter an, und an den Enden der Bronchen konnte ich keine deutlichen Einzeltöne mehr heraushören, obgleich das Geräusch stets den Charakter des Röhrengeräusches bewahrte. Die diagnostische Sicherheit des an die Auffassung und Beurtheilung der Geräusche des gewöhnlichen Lebens gewöhnten Ohres bewährte sich auch hier. Mit Leichtigkeit konnte ich auch bei geschlossenen Augen an der Klangfarbe und der Tiefe des Geräusches erkennen, ob ich mich mit dem Ohr über der Trachea oder über grösseren oder kleineren Bronchen befand. Im ersteren Falle machte das Geräusch unzweifelhaft den Eindruck, als ob es in einem relativ weiten und grossen Rohr entstehe, im letzteren erkannte man sofort die andersartige Resonanz relativ kleiner und enger Lumina.

Um mich über die Resonanzverhältnisse innerhalb zusammengesetzter Röhrensysteme zu unterrichten, habe ich verschieden dicke und lange Gummiröhren aneinander gefügt und die Höhe der resonatorischen Töne, welche ich in ihnen mit Hülfe des Kathetergeräusches erhielt, zu bestimmen gesucht. Ich erkannte bald, dass die einzelnen Röhrenabschnitte sich hierbei nicht wie gesonderte, von einander unabhängige Schallräume verhalten, sondern in der mannigfachsten Weise von einander abhängen und sich gegenseitig beeinflussen. Ich habe diese Versuche nicht abgeschlossen und übergehe sie, zumal sie mehr vor das Forum der reinen Physik als vor das der physikalisch-klinischen Diagnostik gehören. Ganz analoge Resultate ergaben sich nun auch an isolirten Bronchialbäumen; sie bestätigten mir, dass die Tonhöhe der in diesem zusammengesetzten Röhrensystem entstehenden resonatorischen Töne äusserst complicirten Gesetzen unterworfen ist, die ich nicht weiter verfolgt habe.

Ich habe nur festgestellt, und das genügte für meine Zwecke, dass durch ein am oberen Ende des Tracheobronchialbaumes erzeugtes

Geräusch auf dem Wege der Resonanz in den verschiedenen Abschnitten des Bronchialbaumes verschiedene Töne erzeugt werden; die Höhe derselben ist zwar vorzugsweise von der Weite und Gestalt der einzelnen Schallräume (der Trachea und der Bronchen) abhängig, innerhalb derer sie entstehen, wird aber auch von dem Lumen und der Länge der sich anschliessenden übrigen Theile des Bronchialbaumes wesentlich beeinflusst. Am lautesten und tiefsten ist der in der Trachea hörbare Röhrenton, ihm schliessen sich eine Menge anderer, höherer und leiserer Röhrentöne an, die vorzugsweise in den Bronchen hörbar werden und das bronchiale Geräusch in der mannigfaltigsten Weise modificiren. Je mehr solche unter einander oft unharmonische Töne zusammentreffen und sich summiren, desto mehr verliert sich der Gesamteindruck des Tonartigen und die Schallerscheinung nimmt einen mehr geräuschartigen Charakter an. *Das bronchiale Geräusch ist daher über den feineren Bronchen schärfer, höher und weniger klangvoll als über der Trachea.*

Diese Verschiedenheit der Höhe und Klangfarbe des bronchialen Athmungsgeräusches der grösseren und der feineren Bronchen lässt sich auch am Lebenden leicht bestätigen.

Wenn man z. B. ein Kind mit katarrhalisch-pneumonischem Verdichtungsherde in den hinteren, unteren Lungenabschnitten auscultirt, so fällt es oft auf, dass das Bronchialathmen in den erkrankten Partien ganz anders klingt, als am Larynx und der Trachea; es ist höher, schärfer, weniger klangvoll und macht den Eindruck, als ob es in unmittelbarer Nähe des auscultirenden Ohres entstände. — Wenn es sich in solch einem Falle lediglich um die Fortleitung des laryngealen Geräusches handelte, so wäre nicht einzusehen, wie die beschriebene acustische Metamorphose zu Stande käme. Dasselbe könnte wohl leiser werden (was factisch oft gar nicht der Fall ist), allein im Uebrigen müsste es seinen lautlichen Charakter und seine ursprüngliche Tonhöhe behalten. Das ist aber nicht der Fall. Die lobuläre Verdichtung setzt nur kleinere Herde luftleeren Lungengewebes, welche die zugehörigen feineren Bronchen umlagern, sich aber nicht bis zu den grösseren hinauf erstrecken. Dem entsprechend wird das in diesen letzteren vorhandene tiefere und klangvollere bronchiale Geräusch nicht bis an den Thorax fortgeleitet, sondern durch das benachbarte lufthaltige Lungenparenchym für die Wahrnehmung unzugänglich gemacht. Wohl aber wird man an denjenigen Stellen, wo kleinere Verdichtungsherde der Thoraxwand anliegen, das schärfere und höhere bronchiale Athmungsgeräusch hören müssen, welches durch die in das verdichtete Lungengewebe eingelagerten feineren

Bronchen erzeugt und durch das umgebende luftleere Parenchym zur Thoraxwand fortgeleitet wird.

Ebenso klingt auch das bronchiale Athmungsgeräusch bei lobärer, croupöser Pneumonie nicht allemal gleich. In den ersten Tagen der Hepatisation hört man oft über dem erkrankten Lungenlappen ein sehr scharfes, hohes Bronchialathmen; später wird dieses Geräusch oft tiefer, klangvoller, hauchend und hat dann genau dieselbe Tonhöhe und Klangfarbe wie an der Trachea. Ich erkläre mir diese Erscheinung dadurch, dass zu Beginn der Hepatisation die feineren Bronchen noch nicht mit fibrinösem Exsudat erfüllt sind; sie durchziehen noch als lufthaltige Kanäle den verdichteten Lungenlappen und das in ihnen entstehende charakteristische Athmungsgeräusch wird durch das luftleere Lungengewebe laut und deutlich zur Brustwand geleitet. Späterhin, wo auch die feineren Bronchen durch fibrinöse Gerinnsel verstopft werden, verlieren dieselben natürlich die Fähigkeit der resonatorischen Schallerzeugung. Und wenn, was gewiss oft vorkommt, auch noch die Bronchen mittleren Kalibers durch Schleim und Exsudatmassen verlegt sind, so bleiben nur noch die grössten Luftröhrenäste als schallleitende und durch Resonanz auch schallgebende Hohlräume innerhalb des erkrankten Lungenlappens übrig. Es wird nun das in ihnen hörbare, mit dem Geräusch der Trachea gleichlautende tiefe Bronchialathmen der weiten Bronchen höherer Ordnung rein und unverändert durch das hepatisirte Lungengewebe bis ans auscultirende Ohr geleitet.

*Kurz zusammengefasst ist also meine Ansicht über das bronchiale Athmungsgeräusch folgende:*

*An der Stimmritze wird durch den respiratorischen Luftstrom ein Stenosengeräusch erzeugt. Dasselbe erweckt die Resonanz der im Tracheobronchialbaum eingeschlossenen Luftsäule und erzeugt dadurch, dass es sich mit den durch Resonanz entstehenden Tönen mischt, oder sich zu denselben hinzugesellt, das charakteristische, bronchiale Athmungsgeräusch. Die Tonhöhe des letzteren ist nicht überall gleich, sondern höher oder tiefer, je nachdem es in den engeren oder weiteren Röhren des Bronchialbaumes zur Wahrnehmung kommt; auch die Klangfarbe desselben ist verschieden und wird desto schärfer und geräuschähnlicher, je weiter man sich bei der Auscultation von der Trachea und den Hauptbronchen entfernt, und je zahlreicher und feiner die Bronchen sind, welche sich unter dem auscultirenden Ohr befinden. Die physikalische Erklärung dieser Facta habe ich oben zu geben versucht. Aus denselben erklärt sich der Unterschied der Tonhöhe und der Klangfarbe des bronchialen Athmungsgeräusches an der*

Trachea einerseits, und über luftleer gewordenen, verdichteten oder comprimierten Lungenpartien andererseits.

Das künstlich durch den Katheter innerhalb eines isolirten Bronchialbaumes erzeugte Geräusch verhält sich sowohl nach seiner Entstehung als nach seinen acustischen Qualitäten dem natürlichen, im Lebenden entstehenden Bronchialathmen völlig analog.

## II. Cavernen.

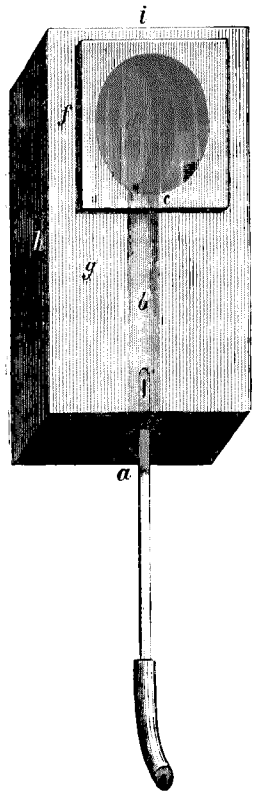
Nachdem es mir gelungen war, innerhalb meines Phantoms des Bronchialbaumes ein dem natürlichen Bronchialathmen nahezu identisches Geräusch zu erzeugen, lag der Versuch nahe, auch Lungen-cavernen und deren charakteristische Geräusche künstlich nachzuahmen. Ich brachte zu dem Zweck innerhalb der Gelatinemasse meines Phantoms Höhlungen an, die mit beliebigen Aesten des hineingeschmolzenen Luftröhrensystems in offener Verbindung standen, und indem ich innerhalb des so modificirten Phantoms das Kathetergeräusch erzeugte, gelang es mir in der That, sämmtliche auscultatorische Phänomene, welche man als Cavernensymptome zu bezeichnen pflegt, hervorzurufen.

Ich überzeugte mich jedoch bald davon, dass die Verhältnisse, mit denen man es hier zu thun hat, recht complicirte sind, und um über dieselben ins Klare zu kommen, habe ich zunächst meine Experimente an einfacheren Objecten angestellt.

Vor Allem kam es mir darauf an, festzustellen, was für Schallerscheinungen überhaupt in Hohlräumen, welche eine glatte Wand und regelmässige Gestalt besitzen und mit einem cylindrischen Rohr von glatter Innenfläche in Verbindung stehen, hervorgerufen werden können. Ich stellte einen solchen Hohlraum, der also ähnliche räumliche Verhältnisse darbot wie eine Lungencaverne mit zuführendem Bronchus, auf folgende Weise her.<sup>1)</sup> Ich goss eine viereckige, offene Pappschachtel von etwa 30 Cm. Länge, 15 Cm. Breite und 5 Cm. Wandhöhe mit einer heissen steifen Gelatinelösung voll und versenkte in die letztere ein gerades Glasrohr von ca. 20 Cm. Länge und 1½ Cm. Dicke derart, dass das eine Ende des Rohres durch ein genau schliessendes Loch in der kürzeren Seitenwand der Pappform herausragte, während das andere mit einem Pfropf verschlossene Ende sich mitten in der Gelatinemasse etwa 2 Cm. über dem Boden

<sup>1)</sup> Vergl. die beigefügte Zeichnung.

der Pappform befand. Den Boden der letzteren hatte ich mit einer Glastafel bedeckt, um für die nachträglich anzubringende Caverne einen glatten zur Reflexion der Schallwellen geeigneten Boden zu haben. Nach dem Erkalten und völligen Erstarren der Gelatinemasse liess sich das Glasrohr leicht aus derselben herausziehen und ich erhielt



*a* äussere Oeffnung des zuführenden Rohres, in welchem der Katheter steckt, mit dem das Geräusch erzeugt wurde; *b* zuführendes Rohr durch die klare Gelatinemasse hindurchschimmernd; *c* Oeffnung des Rohres in der Caverne; *d* dunkel schraffirter Boden der Caverne; *e* Seitenwand der Caverne; *f* viereckiger Glasdeckel der Caverne; *g* Gelatineguss; *h* Längskante desselben; *i* kurze Kante desselben.

so einen genauen, negativen Abguss des Glasrohres in Form eines glattwandigen cylindrischen Hohlraumes innerhalb der erstarrten Gelatine. Nun schnitt ich mit einem senkrecht in die freie Oberfläche der Gelatinemasse eingestossenen Messer ein ovales Loch von 8 Cm. Längsdurchmesser und 6 Cm. Querdurchmesser heraus, und zwar derart, dass das Ende des röhrenförmigen Hohlraumes sich in die Höhle dieses Loches hinein öffnete. Das Loch durchsetzte die ganze Dicke der Gelatinemasse und konnte von oben her durch eine Glastafel luftdicht verdeckt werden. So entstand eine allseitig geschlossene Caverne mit einem oberen und einem unteren durch ebene Glasflächen gebildeten Boden und einer glatten aus der Schnittfläche der Gelatine gebildeten Seitenwand von ovaler Krümmung. In diese Seitenwand mündete die zuführende Röhre, welche 20 Cm. lang war und mit ihrem anderen Ende sich frei an der Seitenfläche des Gelatinegusses öffnete.

Je nachdem ich nun den viereckigen Glasdeckel darauf deckte oder entfernte, erhielt ich ein Rohr, das entweder in eine geschlossene Caverne einmündete oder aber an beiden Enden offen eine ungedeckte Pfeifenröhre im physikalischen Sinne darstellte. In diesem Rohr erzeugte ich nun tonartige Geräusche, indem ich entweder den Katheter mehr oder weniger tief in die Röhre oder

durch dieselbe bis in die Caverne hinein steckte und das Kathetergeräusch hervorrief, oder indem ich mit dem Munde über die Oeffnung der Röhre (*a* der Figur) hinblies. In beiden Fällen verhielten sich die hervorgerufenen Schallerscheinungen vollständig gleich und ich werde

daher weiterhin nur von meinen Versuchen mit dem Kathetergeräusch reden.

Zunächst experimentirte ich am offenen Rohr, ohne die Caverne mit dem Glasdeckel zu schliessen. Dasselbe gab, wenn man in ihm das Kathetergeräusch erzeugte, einen schönen, lauten und klangvollen Röhrenton von der Tonhöhe D der diatonischen Tonleiter. Die Obertöne (*d* und *a*) waren so leise, dass ich mir dieselben nur nach langer Anstrengung des Gehörs zum Bewusstsein bringen konnte. Ich habe dieselben nicht weiter beachtet. Dass die Entstehung dieses Tones D als eine Resonanzerscheinung aufzufassen ist, welche durch das Kathetergeräusch innerhalb des Rohres hervorgerufen wird, habe ich schon im vorhergehenden Abschnitt auseinandersetzen versucht. Verdeckte ich nun die Caverne durch den Glasdeckel und erzeugte wieder das Kathetergeräusch in der Röhre, so blieb der Ton derselben vollkommen unverändert, laut, klangvoll und von der gleichen Tonhöhe (*D*). Das zuführende Rohr verhielt sich also wie ein offenes Pfeifenrohr und der abgeschlossene Raum der Caverne beeinflusste den Ton der Röhre in keiner Weise. Es war, als ob die letztere nach wie vor mit beiden Enden in den unbegrenzten Luftraum einmündete. Ich werde diesen Ton hinfort der Kürze halber als Röhrenton bezeichnen. Derselbe war am lautesten und deutlichsten, wenn ich das Kathetergeräusch innerhalb der zuführenden Röhre erzeugte, dagegen verschwand er fast ganz, sobald ich den Katheter bis in die Caverne vorschob, so dass das Kathetergeräusch innerhalb der letzteren entstand. Wenn ich die Oeffnung des Rohres (*a* in der Figur) durch meinen aufgelegten Finger mehr und mehr verengerte, so wurde der Röhrenton successive tiefer und tiefer; wenn ich dagegen das Rohr durch successives Abschneiden der Gelatinemasse verkürzte, so wurde er immer höher und zugleich entsprechend der Verkleinerung der schwingenden Luftsäule auch leiser. Die Tonhöhe des Röhrentones war also abhängig von der Länge und der Oeffnungsweite der Röhre; dagegen war er unabhängig von der Grösse der daranhängenden Caverne, denn wenn ich diese letztere dadurch verkleinerte, dass ich Wasser in dieselbe hineingoss, so veränderte sich die Höhe des Röhrentones ebensowenig, wie wenn ich die Caverne ganz aufdeckte. Daraus folgt, dass *der Röhrenton bedingt wurde durch Schallschwingungen der in dem zuführenden Rohr eingeschlossenen cylindrischen Luftsäule*. Von dem Rohr aus wurde der Ton in die Caverne fortgeleitet, denn bei aufgelegtem Ohr war er fast ebenso deutlich über der Caverne wie über dem Rohr zu vernehmen.

Wenn die Caverne durch den Glasdeckel geschlossen war und

das Kathetergeräusch nach wie vor in der zuführenden Röhre erzeugt wurde, so trat zweitens, gleichzeitig neben dem Röhrenton, noch ein anderer Ton auf, welcher einen ausgesprochen metallischen Timbre hatte und viel höher war als der Röhrenton. Er lautete auf den Ton a der diatonischen Tonleiter. Dieser Ton war am deutlichsten zu hören, wenn man das Ohr direct auf den Glasdeckel der Caverne legte, er verbreitete sich aber von hier aus auch in die Röhre und war noch an der äusseren Oeffnung derselben schwach hörbar. Je tiefer ich den Katheter in die Röhre hineinschob und je mehr ich somit das Kathetergeräusch der Caverne näherte, desto lauter wurde dieser metallische Klang und am lautesten war er, wenn das Auge des Katheters vollends in die Caverne selbst zu liegen kam. Wenn ich die Oeffnung a des zuführenden Rohres verengerte oder das Rohr verkürzte, so wurde dadurch die Höhe des metallischen Klanges nicht beeinflusst. Desgleichen behielt er auch seine ursprüngliche Tonhöhe, wenn ich Wasser in die Caverne hineingoss, so lange der Apparat in seiner horizontalen Lage belassen wurde und der Längs- und Breitendurchmesser der Caverne somit unverändert blieben. Wenn ich aber dann den Apparat aufrichtete und ihn senkrecht auf seine kurze Kante (i in der Figur) stellte, so veränderte sich der relative Stand des Wasserspiegels in der Caverne, der Längsdurchmesser derselben wurde verkürzt und gleichzeitig wurde der metallische Ton bedeutend höher. Je nachdem ich nun den Apparat nach verschiedenen Richtungen hin neigte oder aufrichtete, konnte ich die Configuration der Caverne und deren Durchmesser mannigfach variiren und dem entsprechend wechselte auch die Höhe des metallischen Tones mit jeder neuen Stellung des Apparates. Die Tonhöhe des metallischen Schalles hing also ab von der Gestalt und den Durchmessern der Caverne, war aber gänzlich unabhängig von der Gestalt und den Grössenverhältnissen des zuführenden Rohres und daraus folgt, dass derselbe entsteht durch Schallschwingungen der in der Caverne eingeschlossenen Luftmasse ohne Betheiligung der Luftsäule des zuführenden Rohres. Der complicirten Frage nach den räumlichen Verhältnissen, welche die Höhe des Metallklanges in Hohlräumen bedingen, ist Wintrich<sup>1)</sup> näher getreten. Es liegt meinen augenblicklichen Zwecken fern, hierauf näher einzugehen. Die Entstehung des metallischen Klanges ist nur durch Resonanz zu erklären; eine andere Ursache desselben (Anblasen der Cavernenluft, mechanische Erschütterung derselben u. s. w.) fehlte in meinem Versuch, dagegen

1) Krankheiten der Respirationsorgane. Virchow's Handbuch der spec. Pathologie und Therapie. Erlangen 1854.

entstand das Geräusch jedesmal, sobald das Kathetergeräusch innerhalb der Caverne oder des zuführenden Rohres erzeugt wurde. Es bleibt daher als einzige Möglichkeit die Annahme übrig, dass die Schallwellen des Kathetergeräusches, indem sie sich aus dem zuführenden Rohr in die Caverne fortpflanzten oder sich direct in der Caverne verbreiteten, resonatorische Mitschwingungen der Cavernenluft und somit den Metallklang bewirkten.

Endlich drittens entstand bei derselben Versuchsanordnung d. h. wenn bei geschlossener Caverne das Kathetergeräusch im zuführenden Rohr erzeugt wurde, gleichzeitig neben dem Röhrenton und dem Metallklang der Caverne noch ein tiefer und dumpfer, brausender Ton<sup>1)</sup>, welcher etwa dem F in der tiefer als D gelegenen Octave entsprach. Dieser Ton wurde desto tiefer, je mehr ich die Oeffnung des Rohres (a in der Figur) verengerte, er wurde dagegen desto höher, je mehr ich das Rohr durch successives Abschneiden verkürzte. Ferner stieg die Höhe dieses Tones, wenn ich die Weite der Caverne durch Wassereingiessen verringerte. Es kam jedoch dabei lediglich auch auf das Volumen, den kubischen Rauminhalt der Caverne, nicht aber auf die Gestalt und die Grösse ihrer Durchmesser an. Wenn ich z. B. die Caverne etwa bis zur Hälfte mit Wasser gefüllt hatte, erhielt ich eine bestimmte Tonhöhe, und dieselbe blieb sich vollkommen gleich, einerlei ob ich den Apparat auf seine kurze Kante stellte und den Längsdurchmesser der Caverne dadurch um die Hälfte verkürzte, oder ob ich ihn horizontal hielt und den Längsdurchmesser der Caverne somit unverändert liess. Durch dieses Verhalten unterschied sich der Ton durchaus von dem früher beschriebenen Metallklang der Caverne. Je höher der Ton wurde, einerlei ob das durch Verkürzung des Rohres oder durch Verkleinerung der Caverne geschah, desto mehr verlor er seinen dumpfen, brausenden Charakter und nahm statt dessen einen immer klangvolleren Timbre an. Zugleich wurde er auch immer lauter und deutlicher und überwog schliesslich an Stärke den Röhrenton, zumal wenn dieser letztere mittlerweile durch Verkürzung des Rohres höher und leiser geworden war. Gleichzeitig war der Metallklang der Caverne stets deutlich zu hören. Die Tonhöhe des soeben beschriebenen Tones wurde also bedingt einerseits durch die Weite der Caverne und andererseits zugleich durch die Gestalt und die Länge

1) Ich bitte an dem Ausdruck „Ton“ keinen Austoss zu nehmen. Ich weiss wohl, dass derselbe im physikalischen Sinne vielleicht nicht gerechtfertigt ist, jedoch schien er mir immer noch bezeichnender als etwa das Wort „Schall“ oder „Geräusch“.

des zuführenden Rohres; dadurch unterschied sich dieser Ton in charakteristischer Weise von den beiden anderen Tönen, deren erster, der Röhrenton, lediglich von der Gestalt des Rohres, und deren zweiter, der metallische Cavernenklang, lediglich von der Gestalt der Caverne abhing. Es folgt aus diesem Verhalten des Tones, dass die Schwingungen desselben *sowohl in der Caverne als auch im zuführenden Rohr stattfanden und den Luftraum der Caverne und des Rohres als ein Ganzes in tönende Vibration versetzten*. Ich werde diesen Ton hinfort als den amphorischen Ton bezeichnen, ohne an dieser Stelle ~~ein Urtheil~~ über die Entstehung des amphorischen Athmungsgeräusches beim lebenden Menschen ein aprioristisches Urtheil fällen zu wollen. Diese Bezeichnung scheint mir passend, weil dieser Ton thatsächlich in einem Hohlraum zu Stande kommt, welcher aus einer bauchigen Ausweitung (Caverne) und einem schmalen Halse (zuführendes Rohr) besteht und somit einige Aehnlichkeit mit der Lichtung einer „Amphora“ bietet. Am lautesten und deutlichsten war der amphorische Ton zu hören, wenn ich das Kathetergeräusch in der Nähe des inneren Endes der Röhre (bei c in der Figur) erzeugte; sobald ich das Auge des Katheters bis in die Caverne selbst vorschob, so wurde er plötzlich viel leiser. Ceteris paribus war er bei aufgelegtem Ohr am deutlichsten auf dem Glasdeckel der Caverne, schwächer über dem Verlauf des zuführenden Rohres zu hören. Physikalisch lässt sich der amphorische Ton in meinem Versuch nur durch resonatorische Mitschwingung der in der Caverne und dem Rohr befindlichen Luft erklären und hervorgerufen wurde diese Resonanz durch das Kathetergeräusch.

Bei der Percussion des Glasdeckels der Caverne erhielt ich einen tympanitischen Schall, dessen Tonhöhe stets genau mit der des amphorischen Tones übereinstimmte und desto deutlicher hervortrat, je klangvoller sich der amphorische Ton durch das Kathetergeräusch hervorrufen liess. Es folgt daraus, dass auch der tympanitische Schall durch Erschütterung der gesammten in der Caverne und dem zuführenden Rohr enthaltenen Luftmasse hervorgerufen wurde und dass die Tonhöhe desselben von den gleichen Bedingungen abhängig war wie die Höhe des amphorischen Tones. Das Gesetz, dass bei Geräuschen, welche innerhalb eines in eine Caverne einmündenden röhrenförmigen Hohlraumes erzeugt werden, ein von der Gestalt der Caverne unabhängiger Röhrenton entsteht, gilt innerhalb weiter Grenzen, aber doch nicht absolut. Wenn ich nämlich die Caverne meines Apparates bis über  $\frac{5}{6}$  mit Wasser füllte, so begann der bis dahin unveränderliche Röhrenton bei weiterem

Nachfüllen von Wasser höher zu werden; offenbar war der Raum der Caverne jetzt nicht mehr gross genug, um im Vergleich zur Weite des Rohres als offener Raum zu fungiren. Das bis dahin als ungedeckte Pfeife wirkende Rohr verwandelte sich nun in ein gedecktes Pfeifenrohr, das am geschlossenen Ende eine plötzliche Erweiterung (den Rest des Cavernenlumens) besass.

Anmerkung. Ganz dieselben Resultate wie mit meinem Apparat erhielt ich auch, wenn ich Gummiröhren luftdicht in Gummibälle einfügte und dann in ihnen das Kathetergeräusch erzeugte. Wenn ich die Versuche an gläsernen Ballonflaschen, wie sie z. B. als Spritzflaschen benutzt werden, wiederholte, so liess sich der Metallklang, welcher im Bauch der Flasche entsteht, sowie der amphorische Ton sehr schön hervorrufen. Letzterer war sogar doppelt in zwei verschiedenen Tonhöhen vorhanden. Der Röhrenton dagegen, welcher von der Gestalt des Flaschenhalses abhängig sein und bei wechselnder Füllung der Flasche seine Höhe nicht ändern sollte, fehlte. Wie mir scheint, lag das daran, dass bei den Flaschen, an welchen ich experimentirte, sich der Flaschenhals vom Flaschenbauch nicht scharf absetzte, sondern allmählich in den letzteren übergang, denn wenn ich einen plötzlichen, scharfen Uebergang zwischen Hals und Bauch dadurch herstellte, dass ich ein genau in den Flaschenhals passendes, unten scharf abgeschnittenes Gummirohr bis ans untere Ende des Halses vorschob und nun meine Versuche wiederholte, so erhielt ich genau dieselben Resultate wie an meinem Apparat; Röhrenton, Metallklang und amphorischer Ton waren dann deutlich vernehmbar und zeigten ihr charakteristisches Verhalten.

Statt des einen Röhrentones können nun aber mehrere auftreten, wenn die zuführende Röhre derart gestaltet ist, dass sie sich in mehrere Schallräume zerlegt. Um die Verhältnisse, wie sie sich beim Menschen finden, nach Möglichkeit nachzuahmen, setzte ich vor die Oeffnung des Rohres (a in der Figur) einen umgekehrten Trichter, dessen röhrenförmiges Ende abgeschnitten war, derart auf, dass sein breiter Rand sich luftdicht an die Seitenfläche des Gelatinegusses anlegte. Auf diese Weise erhielt ich einen etwa der Mund-Rachenhöhle entsprechenden Hohlraum, von dem das zur Caverne führende Rohr ausging. Wenn ich nun innerhalb des trichterförmigen Hohlraumes das Kathetergeräusch erzeugte, so erhielt ich nicht mehr einen, sondern zwei Töne, a<sub>1</sub> und f, welche sich beide wie Röhrentöne verhielten, d. h. bei offener und bei geschlossener Caverne ihre Tonhöhe nicht wechselten. Der eine Ton gehörte dem Rohr, der andere mehr der Trichterhöhle an. Beide Töne pflanzten sich durch das zuführende Rohr bis in die Caverne fort und konnten leicht am Glasdeckel derselben auscultirt werden. Durch Verengerung der Trichteröffnung wurden beide Töne tiefer. Der amphorische Ton und der Metallklang blieben dabei bestehen.

Fasse ich nun kurz die Resultate meiner Versuche zusammen, so ergibt sich aus denselben, dass, wenn innerhalb einer mit einer Caverne zusammenhängenden Röhre ein Stenosengeräusch (im speciellen Falle das Kathetergeräusch) entsteht, dadurch drei resonatorische Töne hervorgerufen werden können: erstens ein von der Gestalt der Röhre abhängiger und in der Röhre entstehender Röhrenton, zweitens ein von der Gestalt der Caverne abhängiger und in der Caverne entstehender metallischer Klang, und drittens ein amphorischer Ton, bei dessen Entstehung die Caverne und das zuführende Rohr als ein einheitlicher Schallraum zusammenwirken. Alle drei Töne sind über der Caverne auscultirbar und je nach der Anordnung des Versuches tritt bald der eine, bald der andere Ton besonders laut hervor.

Genau dieselben Resultate wie mit dem Gelatineguss erhielt ich nun auch an meinem im I. Abschnitt beschriebenen Phantom des Bronchialbaumes, wenn ich einen Bronchus in eine künstliche Caverne einmünden liess. Am Ende des Hauptbronchus oder eines Bronchus zweiter Ordnung wurde ein cylinderförmiges Gelatinestück von 3—6 Cm. Durchmesser und von der Höhe der gesammten Dicke der Gelatinemasse herausgeschnitten und so eine Höhle angelegt, in welche sich ein Bronchus öffnete, da mit dem Gelatinestück zugleich das Ende des Bronchus abgeschnitten wurde. Den Grund der Caverne bildete der mit einer Glasplatte bedeckte Boden der Gussform und als Decke der Höhle diente eine Glasplatte, welche auch dadurch, dass ich sie erwärmte und auf die Gelatinemasse aufdrückte, mit ihren Rändern fest auf die letztere aufgeschmolzen werden konnte. Es war so eine Caverne mit glatten Wandungen und zuführendem Bronchus geschaffen. Der Umfang der Höhle war natürlich leicht zu vergrössern.

Wenn ich nun mit dem einige Centimeter in die Trachea eingeführten Katheter den bronchialen Röhrenton oder besser das bronchiale Geräusch hervorrief, so hörte man dasselbe sehr laut und mit gleichbleibender Tonhöhe nicht nur über dem ganzen Bronchialbaum, sondern auch über der Caverne. Seine Tonhöhe blieb sich gleich, einerlei ob die Caverne gross oder klein war oder durch Entfernung des Glasdeckels völlig geöffnet wurde. Dagegen wurde das Geräusch sofort tiefer, wenn ich die Oeffnung der Trachea durch theilweisen Verschluss verkleinerte. Wenn ich die Gelatinemasse über der Trachea entlang percutirte, erhielt ich einen tympanitischen Schall, der stets dieselbe Tonhöhe zeigte wie der bronchiale Röhrenton. Die Analogie mit dem sogenannten Williams'schen Trachealton liegt auf der Hand.

Zugleich hörte man beim Auscultiren über der Caverne (aber nicht am übrigen Bronchialbaum) einen deutlichen metallischen Ton. Er war unabhängig von der Weite der Trachealöffnung, änderte aber seine Höhe, je nachdem ich der Caverne einen grösseren oder kleineren Durchmesser verlieh. Wenn ich Wasser in die Caverne hineingoss und nun, ohne das Volumen der Caverne zu verändern, durch Hin- und Herbeugen des Phantoms die Durchmesser der Caverne variierte, so änderte sich damit auch der metallische Klang, wurde tiefer, wenn der längste Durchmesser sich vergrösserte, und höher, wenn derselbe sich verkleinerte. Mit einem Wort, er zeigte aufs Schönste eine Art Gerhardt'schen Schallwechsels und verhielt sich genau so, wie der metallische Ton im Gelatineguss.

Um den amphorischen Ton zu erzeugen, legte ich eine grössere Caverne an, in welche ein kurzer, ziemlich weiter Bronchus mündete. Es entstand neben dem fortgeleiteten bronchialen Geräusch und dem Metallklang ein tiefer Ton, welcher allmählich höher und klangvoller wurde, je mehr ich das Cavernenlumen durch Wassereingossen verkleinerte. Wenn ich die Trachealöffnung verkleinerte, so wurde er wieder tiefer, und zwar war dieser von der Oeffnungsweite der Trachea abhängige Schallwechsel um so deutlicher, je kürzer die Trachea an und für sich war. Am deutlichsten und lautesten war dieser amphorische Ton, wenn ich den Katheter so weit in den zuführenden Bronchus vorschob, dass das Geräusch zwar noch im Bronchus, aber in nächster Nähe der Caverne entstand. Wenn ich die Caverne percutirte, so erhielt ich einen tympanitischen Schall, welcher dieselbe Tonhöhe und denselben Schallwechsel aufwies, wie der amphorische Ton. Bei der Percussion der Trachea war dieser tympanitische Schall nicht bemerkbar. Die Trachea gab vielmehr, wie schon gesagt, stets einen Schall von der Höhe des bronchialen Röhrentones und unterschied sich dadurch von dem Schall der Caverne, dessen Höhe mit dem amphorischen Ton übereinstimmte. Dem entsprechend war auch der amphorische Ton am lautesten über der Caverne, leiser über der Trachea vernehmbar. Dieses auffallende percutorische und auscultatorische Verhalten erklärt sich wohl dadurch, dass die Trachea wegen ihrer relativen Enge ungünstige Verhältnisse zur Hervorrufung eines Schalles darbot, welcher nur durch gleichzeitige Erschütterung des relativ grossen Luftquantums der Caverne und der Luftsäule der zuführenden Luftwege hervorgebracht werden konnte. Nichtsdestoweniger zeigt das oben geschilderte Verhalten des amphorischen Tones und des tympanitischen Schalles über der Caverne und das Vorhandensein eines dem Wintrich'schen

analogen Schallwechsels eine so vollkommene Uebereinstimmung mit den Beobachtungen am Gelatineguss, dass ich keinen Anstand nehme, beide Schallerscheinungen auch hier durch Schwingung der ganzen am Boden der Caverne beginnenden und bis zur Oeffnung der Trachea reichenden Luftmenge zu erklären.

Dieser tympanitische Percussionsschall ist es, von dem Gerhardt und neuerdings auch Liisberg<sup>1)</sup> den nach Ersterem benannten Schallwechsel beschrieben haben. An der Thatsächlichkeit der Beobachtungen dieser Autoren ist natürlich nicht zu zweifeln, allein ich habe mich vergeblich bemüht, diesen Schallwechsel an meinen künstlichen Cavernen nachzumachen. Ich habe längliche Cavernen ausgeschnitten, deren Längsdurchmesser mit der Richtung der Trachea meines Phantoms parallel lief, dieselben bald mehr, bald weniger mit Wasser gefüllt und dann das Phantom so aufgerichtet, dass die Caverne mit ihrer Längsrichtung von oben nach unten gestellt war und der Durchmesser der Caverne durch das sich unten sammelnde Wasser mehr oder weniger verkürzt wurde, — der tympanitische Percussionsschall und mit ihm der amphorische Ton behielten genau dieselbe Höhe, wie wenn ich die Caverne derart lagerte, dass ihr Längsdurchmesser horizontal zu liegen kam und durch die Wassermasse nicht verkürzt wurde. So lange der Rauminhalt der Caverne sich gleich blieb, so lange behielten auch der Percussionsschall und der amphorische Ton über der Caverne die gleiche Höhe. Nur der metallische Klang war bei senkrecht gestellter Caverne höher, bei horizontal gelagerter tiefer. Dieselben Resultate erhielt ich, wenn ich Cavernen von Birn- oder Biscuitform oder ganz unregelmässig gestaltete Hohlräume mit vorspringenden Kanten und Leisten aus der Gelatinemasse ausschnitt und mit ihnen die gleichen Versuche anstellte. Auch bei ihnen habe ich in Bezug auf den Gerhardt'schen Schallwechsel vollkommen negative Resultate erhalten und bin nicht im Stande, diese Incongruenz meiner Versuche an künstlichen Cavernen mit den Beobachtungen Gerhardt's und Liisberg's an Lebenden zu erklären.

Dagegen glaube ich durch meine Versuche allerdings wahrscheinlich gemacht zu haben, dass die Höhe des tympanitischen Schalles über Cavernen abhängt von der gesammten Luftmasse der Caverne, des zuführenden Bronchus und der Trachea, denn bei Verschluss der letzteren wurde er tiefer und zeigte somit ein dem Wintrich'schen Schallwechsel analoges Verhalten, während er zugleich höher wurde

bei Verkleinerung des Lumens der Caverne. Damit dürfte der Beweis erbracht sein, dass die Schallhöhe desselben nicht, wie Weil und Neukirch<sup>1)</sup> es für wahrscheinlich halten, bloß durch die Resonanz der Mundhöhle bedingt wird (welche ja bei meinen Versuchen fehlte), sondern von der Configuration der ganzen Luftsäule abhängt, welche am Grunde der Caverne beginnt und in meinem Phantom am oberen Ende der Trachea, beim lebenden Menschen aber erst an den Lippen endet. Für diese Ansicht spricht auch, dass das (amphorische) Athmungsgeräusch, welches man über Cavernen mit tympanitischem Percussionsschall zu hören bekommt, dieselbe Höhe hat wie der Percussionsschall. Wäre die Weil-Neukirch'sche Auffassung richtig, so müsste man annehmen, dass dieses Athmungsgeräusch gleichfalls lediglich in der Mundhöhle entstehe und von dort in die Caverne fortgepflanzt werde, was meines Wissens noch von Niemandem behauptet worden und auch sicher nicht der Fall ist, da dasselbe über der Caverne sehr laut, dagegen am Munde nur sehr leise oder auch gar nicht zu hören ist. Dass der Percussionsschall, auch wenn meine Anschauung richtig ist, über der Caverne nicht dieselbe Höhe zu haben braucht wie über der Trachea, habe ich schon oben auseinandergesetzt.

Es fragt sich nun, wie weit meine am Phantom gewonnenen Resultate sich zur Erklärung der auscultatorischen Erscheinungen am Lebenden verwerthen lassen.

Es ist eine ganz allgemein verbreitete Annahme, dass der respiratorische Luftstrom beim Inspiriren in die Lungencavernen einströmt und dadurch, dass er aus dem engen Bronchus plötzlich in den weiten Raum der Caverne eintritt, an der Einmündungsstelle des Bronchus Luftwirbel erzeugt, welche ihrerseits in der Caverne ein Geräusch hervorrufen. Umgekehrt soll bei der Expiration durch den Austritt der Luft aus der Caverne in den engen Bronchus gleichfalls an der Bronchialmündung ein Geräusch hervorgerufen werden. Damit diese Geräusche entstehen oder, wie Eichhorst<sup>2)</sup> sich ausdrückt, in der Caverne „neugebildet“ werden, muss also nach dieser Annahme jedenfalls ein respiratorischer Luftwechsel, ein Ein- und Ausströmen von Luft innerhalb der Caverne angenommen werden. Mir erscheint es nun aber sehr fraglich, ob diese Annahme wirklich in allen Fällen und namentlich für kleinere im Innern der Lungen gelegene Cavernen statthaft ist. Die meisten phthisischen Cavernen besitzen feste

1) Weil, Handbuch und Atlas der topographischen Percussion. Leipzig 1850. S. 233.

2) l. c. S. 319.

1) Dieses Archiv. Bd. XXXV. Heft 6.

und unnachgiebige Wandungen und sind in starres, verdichtetes Lungengewebe eingebettet, auf welches von aussen her durch das umgebende, noch lufthaltige, elastische Lungenparenchym ein permanenter Zug ausgetübt wird. Durch diesen Zug wird die Caverne nach allen Seiten hin ausgedehnt erhalten und <sup>f</sup>sich daher permanent im Maximum ihrer Erweiterung befinden. Bei der Inspiration wird sie sich, da ihre Wandungen unelastisch sind, nicht vergrössern und bei der Expiration, da der elastische Zug des Lungengewebes während der letzteren nicht aufhört, nicht erheblich verkleinern können. Von einem Hin- und Herströmen der Luft wird daher weder in ihr, noch im zuführenden Bronchus die Rede sein, und es werden daher in solchen Cavernen keine neuen Geräusche durch Luftbewegung entstehen. — Dass bei grossen, oberflächlich gelegenen Cavernen, deren Wand mit dem Thorax verwachsen ist und daher die Thoraxbewegung mitmachen muss, die Verhältnisse anders liegen mögen, so dass in ihnen ein respiratorischer Luftwechsel dennoch stattfindet, soll nicht geleugnet werden. In ihnen mag in der That, wenn der Luftwechsel mit der nöthigen Energie und Ergiebigkeit vor sich geht, an der Einmündungsstelle des Bronchus ein in- und expiratorisches Geräusch entstehen, das an sich selbstverständlich nur den Charakter eines Stenosengeräusches haben kann. Ich bezweifle jedoch, dass solche Verhältnisse häufig eintreffen, zumal die Mehrzahl der Cavernen in den Lungenspitzen gelegen ist, wo eine ausgiebigere respiratorische Bewegung der Thoraxwand nicht stattfindet. Man kann sich leicht an Gummiballonspritzen, welche man zusammendrückt und wieder auffedern lässt, davon überzeugen, wie bedeutende und rasche Volumsveränderungen dazu nöthig sind, um ein vernehmliches Geräusch durch das Ein- und Ausströmen der Luft im Ballon zu erzeugen.

Fragen wir nun zunächst, wie sich die Verhältnisse in solchen Cavernen gestalten müssen, welche keinen genügenden Luftwechsel besitzen, um selbständig ein Geräusch zu erzeugen. Sie werden sich genau so verhalten müssen wie meine Cavernen im Phantom, nur dass an der Stelle des in der Luftröhre erzeugten Kathetergeräusches das normale respiratorische Stenosengeräusch der Stimmritze die Quelle aller auscultatorischen Phänomene abgibt. An solchen Cavernen wird man, falls der zuführende Bronchus nicht verstopft ist, das aus der Trachea und dem Bronchus herkommende normale bronchiale Athmungsgeräusch vernehmen müssen, weil dasselbe, wie meine Versuche am Phantom ergaben, unverändert in die Caverne und durch die Wand derselben bis zum auscultirenden Ohr geleitet

wird. Dieses Athmungsgeräusch wird dieselbe Tonhöhe wie das Bronchialathmen am Larynx haben und nur etwas leiser als am Kehlkopf klingen müssen, weil es ziemlich entfernt von der Ursprungsstelle auscultirt wird. In sehr vielen Cavernen, namentlich kleinen, bleibt es nun einfach bei diesem einen Cavernensymptom, dem bronchialen Athmen, welches aber nicht in der Caverne neugebildet, sondern in dieselbe fortgeleitet worden ist. Es muss daher auch dieselbe Tonhöhe besitzen wie das laryngeale Athmen. Neben diesem bronchialen Athmungsgeräusch wird man ferner auch einen metallischen Bei- oder Nachklang hören können, wenn die Caverne durch ihre Gestalt und die Beschaffenheit ihrer Wand zur Erzeugung metallischer Resonanzphänomene geeignet ist und sich zugleich das respiratorische Glottisgeräusch mit genügender Kraft bis in die Caverne fortpflanzt, um daselbst die Resonanz des Cavernenraumes wachzurufen. Im Ganzen haben die metallischen Töne die Eigenthümlichkeit, leicht anzusprechen und sich durch relativ leise Geräusche schon hervorrufen zu lassen. In meinen Versuchen am Phantom waren sie stets hörbar, auch wenn das Kathetergeräusch weit von der Caverne entfernt, hoch oben in der Trachea erzeugt wurde. Ich glaube daher, dass auch in solchen Cavernen, welche keine selbständigen Geräusche durch Luftzug erzeugen, metallisches Klingen entstehen kann. Seit ich auf diese Verhältnisse aufmerksam geworden bin, habe ich viele, auch durch die Section bestätigte Cavernen auscultirt und mich gewundert, wie häufig an ihnen diese Combination eines hohen metallischen Tones mit einem bronchialen Athmungsgeräusch von derselben Tonhöhe wie am Larynx angetroffen wird.

Es mögen nur ein paar Beispiele, die ich mir notirt habe, angeführt werden.

I. 25 jährige Jüdin (beobachtet im Obuchowhospital zu Petersburg). Phthisis pulmonum. RVO<sup>1)</sup> bis hinab zur 4. Rippe und RHO bis zum Angulus scapulae starke Dämpfung, RV im 2. Intercostalraum Geräusch des zersprungenen Topfes und ein gedämpft-tympanitischer Percussionsschall. Die Auscultation an dieser Stelle ergab ein lautes bronchiales Athmungsgeräusch von der Tonhöhe C, das seiner Tonhöhe und seinem Timbre nach genau mit dem am Kehlkopf hörbaren laryngealen Athmungsgeräusch übereinstimmte, und ausserdem noch einen hohen metallischen Ton d, welcher sich als Beiklang zum Ton C hinzugesellte.

II. Ganz ähnlich war der Befund bei einem 23jährigen phthisischen Schneider, den ich im hiesigen Stadthospital beobachtete. RVO und RHO starke Dämpfung des Percussionsschalles und bei starker Percussion oberhalb

1) R bedeutet rechts, L links, V vorn, H hinten, O oben, U unten.

der Clavikel Geräusch des zersprungenen Topfes. Ein tympanitischer Beiklang des Percussionsschalles war nicht deutlich. Sowohl oberhalb des Schlüsselbeins als in der Regio suprascapularis lautes, klangvolles Bronchialathmen von genau derselben Tonhöhe wie das Athmungsgeräusch am Larynx und der Trachea; zugleich hörte man hier einen schönen, hohen metallischen Beiklang des Athmungsgeräusches. Die musikalische Tonhöhe beider Töne habe ich leider nicht bestimmt. Die Section ergab eine faustgrosse Caverne mit dicken, bindegewebigen Wandungen, die mit der Pleura parietalis allseitig verwachsen waren. Durch diese Caverne war die ganze Spitze der rechten Lunge zerstört, so dass die Kuppe der rechten Pleurahöhle eigentlich nur von der Caverne eingenommen wurde; ein ziemlich weiter und kurzer Bronchus mündet in dieselbe hinein. Wegen der Lage der Caverne in der Spitze des Thoraxraumes halte ich es für unwahrscheinlich, dass in derselben ein respiratorischer Luftwechsel stattfinden haben.

Ein drittes Geräusch, welches mit dem amphorischen Ton meines Phantoms in Parallele gestellt werden könnte, fehlte in beiden Fällen. Ich erkläre mir dieses Fehlen dadurch, dass es sich hier um Cavernen handelte, welche keinen selbständigen respiratorischen Luftwechsel besaßen und daher auch kein Stenosengeräusch an der Einmündungsstelle ihres Bronchus erzeugen konnten; meine Versuche am Phantom haben aber gezeigt, dass der amphorische Ton am deutlichsten und lautesten ist, wenn das Kathetergeräusch gerade an der Einmündung des Bronchus in die Caverne erzeugt wird, dass dasselbe aber nur leise und schwer hörbar ist, wenn das Kathetergeräusch am oberen Ende der Trachea stattfindet. Physikalisch lässt sich nun nichts dagegen einwenden, wenn wir annehmen, dass ein an der Cavernenmündung des Bronchus (ausnahmsweise) entstehendes Stenosengeräusch im Lebenden dieselben Resonanzphänomene bewirken muss, die ein am Ende des zuführenden Bronchus hervorgerufenes Kathetergeräusch im Phantom bewirkt.

Wo es sich also um solche Cavernen handelt, welche einen genügend starken respiratorischen Luftwechsel besitzen, um ein selbständiges Stenosengeräusch an der Mündung ihres Bronchus zu erzeugen, da kommen für die Erzeugung der auscultatorischen Schallerscheinungen zwei Geräuschquellen in Betracht, nämlich erstens das normale, an der Glottis entstehende Stenosengeräusch, und zweitens das am Ende des zuführenden Bronchus entstehende Geräusch. Das erstere erzeugt das normale bronchiale Athmungsgeräusch, welches sich aus den oberen Luftwegen in die Caverne fortpflanzt, und trägt vielleicht auch dazu bei, den metallischen Beiklang in der Caverne hervorzurufen; das zweite versetzt die Cavernenluft und die bronchiale Luftsäule als ein Ganzes in resonatorische Schwingungen und erweckt so einen

Ton, welcher seiner Entstehung nach mit dem amphorischen Ton meines Phantoms identisch ist. Zugleich ist dieses Geräusch dadurch, dass es in oder nahe bei der Caverne entsteht, besonders gut dazu geeignet, einen lauten Metallklang in der Caverne hervorzurufen.

Man wird also über einer Caverne mit starkem respiratorischen Luftwechsel drei Athmungsgeräusche erwarten können: nämlich erstens ein fortgeleitetes bronchiales Geräusch, welches dieselbe Tonhöhe hat wie am Larynx und nur leiser als an letzterem zu hören ist, zweitens ein tonähnliches Geräusch, welches mit dem etwa über der Caverne vorhandenen tympanitischen Percussionsschall die gleiche Tonhöhe haben muss und an der Caverne laut, am Larynx und der Trachea aber nur leise oder gar nicht zu hören ist (amphorischer Ton) und drittens einen metallischen Bei- oder Nachklang.

In der That treffen nun auch diese Voraussetzungen an vielen Cavernen ein. Es möge ein Fall angeführt werden, den ich oft und stets mit den gleichen Ergebnissen untersucht habe.

III. G. M., 36 Jahre alt, Maurer. Diagnose: Phthisis pulmonum mit langsamem Verlauf; ist seit 2 Jahren krank. RHO und RV über dem ganzen Oberlappen starke Dämpfung; in der äusseren Hälfte des 2. rechten Intercostalraums ein klangvoller tympanitischer Percussionsschall, der bei einer gewissen Kopfhaltung und mittelweit geöffnetem Munde die Tonhöhe c hat. Bei starker Percussion an dieser Stelle Geräusch des zersprungenen Topfes. Auscultirt man an dieser Stelle, so hört man ein lautes, klangvolles amphorisches Athmungsgeräusch, dessen Tonhöhe gleichfalls c ist. Bei genauerem Zuhören bemerkt man aber über der Caverne noch zwei weitere Töne, ein leiseres F und ein ganz leises A. — Auscultirt man dann bei unveränderter Kopf- und Mundhaltung am Kehlkopf, so hört man dort den Ton c gar nicht oder bei verstärkter Athmung nur äusserst leise. Dagegen sind am Kehlkopf die Töne F und A sehr laut zu hören; ebenso an der Trachea. Wird der Mund geschlossen, so wird über der Caverne der Ton c zu B und auch das F erniedrigt sich um ein Intervall; am Larynx ist dieselbe Erniedrigung des F zu Es erkennbar. Wird dagegen der Mund weit geöffnet, so wird über der Caverne das c zu d, das F zu G erhöht, und ebenso verwandelt sich auch am Kehlkopf das F in G. Die Töne zeigten also aufs Schönste den Wintrich'schen Schallwechsel, der über der Caverne für den Ton c auch percussorisch leicht nachzuweisen war. — Neben diesen Tönen hörte man bei forcirtem Athmen noch einen schönen metallischen Beiklang es', welcher bei der Verkleinerung und Vergrößerung der Mundhöhle einem Schallwechsel nicht unterlag.

Das c war also über der Caverne laut, am Larynx dagegen nicht oder kaum zu hören, unterlag dem Wintrich'schen Schallwechsel und stimmte mit der Tonhöhe des tympanitischen Percussionsschalles überein. Aus diesem Verhalten des Tones schliesse ich, dass derselbe genetisch dem amphorischen Ton meines Phantoms,

entspricht. Offenbar war die Cavernenwand in der Gegend des zweiten Intercostalraumes mit der vorderen Brustwand verwachsen und bei der grösseren respiratorischen Excursionsfähigkeit dieser Partie die Möglichkeit eines ausgiebigen respiratorischen Luftwechsels in der Caverne gegeben. Es konnte also an der Mündung des zuführenden Bronchus ein Stenosengeräusch entstehen, welches seinerseits diesen Ton c hervorrief. Das F und das A waren laut am Kehlkopf, leise über der Caverne zu hören; sie müssen also aus den oberen Luftwegen bis in die Caverne fortgeleitet worden sein; ich vermute, dass der eine im Larynx und der Trachea, der andere durch Resonanz der Mundhöhle entstanden ist. Sie würden also den beiden Tönen entsprechen, welche ich, wie schon beschrieben, an meinem Phantom erhielt, wenn ich demselben einen Trichter als künstliche Mundhöhle vorsetzte. Dass sich zu diesen Tönen noch ein Metallklang hinzugesellte, habe ich schon erwähnt.

Der acustische Gesamteindruck, den man bei der Auscultation der Caverne erhielt, war der des „amphorischen Athmungsgeräusches“. Dasselbe bestand, wie ich nachgewiesen habe, aus einer Mehrheit verschiedener Partialtöne (wenn ich mich dieses Ausdruckes bedienen darf), welche zusammenwirkend den Klangreichtum dieses Geräusches ergaben. Erzeugt man das Prototyp des amphorischen Geräusches, indem man über die Mündung einer bauchigen Flasche oder über das zuführende Rohr meiner künstlichen Caverne hinweg bläst, so erhält man gleichfalls mehrere zusammenschallende Töne, deren Entstehung ich im Einzelnen zu erklären versucht habe. Mir scheint daher *das charakteristische Merkmal des amphorischen Geräusches gerade darin zu bestehen, dass dasselbe sich aus mehreren Einzeltönen zusammensetzt*. Wenn, wie Liisberg (l. c.) hervorgehoben hat, es bisher nicht gelungen ist, eine präzise, auf acustische Eigenthümlichkeiten basirte Definition des amphorischen Geräusches zu geben, so liegt das, wie mir scheint, daran, dass dieses Verhalten desselben bisher übersehen worden ist. Nach meinen Beobachtungen glaube ich das Richtige zu treffen, wenn ich dasjenige über Cavernen hörbare Athmungsgeräusch als *amphorisch* bezeichne, *in dem sich neben dem fortgeleiteten bronchialen Athmungsgeräusch auch noch der von mir so genannte „amphorische Ton“ und ein metallischer Bei- oder Nachklang wahrnehmen lassen*.

Zum Schluss möchte ich noch einige Versuche beschreiben, die ich über die Entstehung der metallisch klingenden Rasselgeräusche angestellt habe. Dieselben sind in der citirten Dissertation von Horn schon einmal veröffentlicht worden. In einem der

von mir benutzten Phantome des Bronchialbaumes war die Trachea so in der Gelatine gelagert, dass das Mittelstück eine etwas tiefere Lage hatte. In diese vertiefte Partie der Luftröhre wurde Glycerin gegossen, das hier einen kleinen See bildete. Durch ein feines Glasrohr, dessen Spitze in den See eintauchte und durch das man Luft hindurchblies, wurden nun Blasen und somit Rasselgeräusche im Glycerinsee erzeugt. Dieses Rasselgeräusch hörte man über der Caverne, obgleich dieselbe 8 bis 10 Cm. weit vom Entstehungsorte des Rasselgeräusches entfernt war, deutlich als metallisch klingendes Blasenpringen, wenn auch nur bei solchen Blasen, die gross genug waren, um durch ihr Platzen eine genügende Erschütterung der in der Caverne befindlichen Luftsäule zu bewirken. Auch im übrigen Bronchialbaum war das Rasseln deutlich zu hören, hatte jedoch keinen metallischen Beiklang, sondern stellte sich als einfaches klingendes Rasseln dar.

Diesen Versuch möchte ich zur Erklärung solcher Fälle herbeiziehen, wo ich auch über solchen Cavernen, die nach meiner Vermuthung keinen nennenswerthen respiratorischen Luftwechsel haben, klingende und vollends metallisch klingende Rasselgeräusche vernommen habe. In solchen Cavernen befindet sich die Luft vollkommen ruhig und kann daher keine Bewegung, geschweige denn Blasenpringen im flüssigen Caverneninhalte hervorrufen. Man sollte daher a priori meinen, dass in solchen Cavernen überhaupt keine Rasselgeräusche hörbar sein können. Das braucht nun aber nach meinen Versuchen nicht der Fall zu sein; die Rasselgeräusche, welche vielleicht weit von der Caverne entfernt in den Bronchen entstehen, werden bis in die Caverne fortgeleitet und machen dann auf das auscultirende Ohr den Eindruck, als ob sie in der Caverne selbst entstanden, ja sie können, wenn anders die Caverne ihrer Grösse und Beschaffenheit nach überhaupt befähigt ist, metallische Schallphänomene zu erzeugen, daselbst einen exquisit metallisch klingenden Charakter annehmen. Es ist das eine Thatsache, die, wie mir scheint, heutigen Tages nur wenig berücksichtigt wird, obgleich schon Skoda<sup>1)</sup> auf dieselbe aufmerksam gemacht hat.

Die physikalisch-diagnostisch verwerthbaren Schlüsse, welche ich aus dem zweiten Abschnitt meiner Arbeit ziehen möchte, sind folgende:

1. Das bronchiale Athmungsgeräusch, welches man über Cavernen hört, entsteht in einer grossen Zahl von Fällen nicht, wie das

1) Abhandlung über Percussion und Auscultation. Wien 1864. S. 134.

bisher häufig angenommen wurde, in der Caverne selbst, sondern ist weiter nichts, als das aus der Trachea und dem zuführenden Bronchus fortgeleitete bronchiale Athmungsgeräusch. Dasselbe setzt keine respiratorische Luftbewegung innerhalb der Caverne voraus. Man erkennt dieses fortgeleitete Bronchialathmen daran, dass es über der Caverne dieselbe Tonhöhe und Klangfarbe besitzt, wie am Larynx und der Trachea.

2. In Cavernen, welche einen genügend starken respiratorischen Luftwechsel haben, kann ein Stenosengeräusch, ähnlich dem an der Stimmritze entstehenden, gebildet werden. Dasselbe ruft durch Resonanz in der Caverne und dem zuführenden Luftwege ein tonartiges Athmungsgeräusch hervor (den von mir sogenannten amphorischen Ton), welches sich vom fortgeleiteten Bronchialathmen dadurch unterscheidet, dass es eine andere Tonhöhe hat und über der Caverne lauter zu hören ist, als an der Trachea und dem Larynx; lässt sich ein tympanitischer Percussionsschall über der Caverne erkennen, so hat er dieselbe Tonhöhe wie dieses Athmungsgeräusch.

3. Der metallische Bei- und Nachklang des Athmungsgeräusches entsteht durch Resonanz innerhalb der Caverne und wird daselbst hervorgerufen entweder durch das in die Caverne hinein fortgeleitete normale laryngeale Athmungsgeräusch, oder durch das eventuell an der Einmündung des Bronchus in die Caverne neu entstehende Stenosengeräusch. Im ersteren Falle bedarf dasselbe zu seiner Entstehung keines respiratorischen Luftstromes innerhalb der Caverne.

4. Sowohl das fortgeleitete Bronchialathmen als der amphorische Ton unterliegen beim Schliessen und Oeffnen des Mundes einem Schallwechsel, welcher dem von Wintrich beim tympanitischen Percussionsschall beschriebenen Schallwechsel wesensgleich ist. Der Metallklang unterliegt diesem Schallwechsel nicht.

5. Sowohl gewöhnliche, klingende als auch metallische Rasselgeräusche können über Lungencavernen hörbar sein, ohne dass eine rasselnde Flüssigkeitsbewegung oder Blasenpringen in der Caverne selbst stattfindet.

Dorpat, 13. August 1885.