

Beiträge zur Theorie des gemeinen (nicht musikalischen) Schalles als Object-Merkmal mit Rücksicht auf die speciellen Bedürfnisse der medicinischen Diagnostik.

Von Dr. Stern,

Privat-Dozent an der medicinischen Facultät.

Einleitung.

Die Physik hat bisher den Schall hauptsächlich nur als Element ästhetischer Producte behandelt; aber auch als solches hat sie insbesondere nur eine seiner Qualitäten, nämlich die Höhe bezüglich ihrer Bedingungen eingehender analysirt. Bezüglich einer zweiten Qualität, der Farbe, sind namentlich durch Helmholtz erst die einleitenden Schritte zur Analyse gemacht. Als eine notorisch aus Bewegungen eigener Art hervorgehende Erscheinung ist aber der Schall auch geeignet, Schlüsse auf die den Bewegungen zu Grunde liegenden Kräfte zu veranlassen. Hiezu muß jedoch der Schall ganz im Allgemeinen in allen seinen Erscheinungsarten und nicht bloß als musikalischer Ton wissenschaftlich behandelt werden; er muß nicht bloß nach seiner Höhe und Tiefe, sondern auch nach allen seinen übrigen quantitativen und qualitativen Verschiedenheiten erforscht werden, d. h. es müssen alle Bedingungen aller seiner verschiedenartigen Erscheinungsweisen möglichst genau constatirt sein. Der wissenschaftlichen Medicin war es vorbehalten, den Schall als Merkmal der molecularen Kräfte der verschiedenen Stoffe des menschlichen Organismus, mithin als Merkmal seiner verschiedenartigen Zusammensetzung, in Verwendung zu ziehen. Namentlich war es bisher die praktische Medicin, die den Schall als diagnostisches Moment zu verwerthen suchte. Eben wegen dieser ausschließlich praktischen Verwendung des Schalles begnügte man sich, wie überall in der Praxis, mit der Feststellung seiner nächsten Bedingungen auf empirischem Wege; man begnügte

sich mit der Behandlung jener Qualitäten, deren nächste Bedingung wenigstens empirisch constatirt werden konnte.

Nun ist es aber unleugbar, daß der Schall, so wie alle physikalischen Merkmale des Organismus, zu theoretischen Forschungen auf dem Gebiete der Physiologie und Pathologie nicht minder brauchbar ist, als zu praktischen Zwecken. Es gibt eine große Anzahl von Problemen in der Physiologie und Pathologie, deren Lösung mit anatomischen Hilfsmitteln, deren sich die Theorie bis jetzt fast ausschließlich bedient, kaum möglich ist. Es sind das Probleme, die, weil sie den Ablauf des Lebensprocesses betreffen, eben nur im Leben und unter jenen Verhältnissen, unter denen sie zu Stande kommen, wenn überhaupt gelöst werden können. Die Beobachtung des Organismus während seines Lebens und unter den zum Leben nothwendigen Verhältnissen schließt aber alle anatomischen Hilfsmittel aus. Es kann sich diese Beobachtung nur auf die von außen zugänglichen Theile desselben beziehen. Ob diese Beobachtungen nun Aufschlüsse über im Innern des Organismus stattfindende Vorgänge geben können, wird davon abhängen, ob die Träger aller der im Innern wirksamen Kräfte, nämlich die daselbst gelegenen Stoffe und Gebilde auch auf die von außen her beobachteten Erscheinungen Einfluß haben. Diese Erscheinungen, die die äußern Merkmale des Organismus darstellen, sind aber in der That fast überall eine Resultirende vieler, manchmal fast aller seiner geformten und ungeformten Bestandtheile. Gelingt es nun, den Antheil jedes der einzelnen Factoren an irgend einem von außen wahrnehmbaren Merkmale des Organismus zu constatiren; gelingt es, zu erkennen, welche Veränderung an dem betreffenden Merkmale durch irgend eine Veränderung eines seiner Factoren hervorgebracht werde, so wird schon die äußere Beobachtung des lebenden Organismus über den Ablauf so manchen Processes im Innern desselben mehr weniger genauen Aufschluß geben. Sollen nun äußere Merkmale des Organismus und unter diesen der Schall für den angegebenen theoretischen Zweck brauchbar sein, so muß vor Allem der Antheil aller innerhalb des Organismus gelegenen Stoffe und Gebilde an ihnen erforscht sein. Dazu müssen aber ferner alle elementaren physikalischen Bedingungen, d. i. die Gesetze der Merkmale, sowie auch alle physikalischen Eigenschaften jener im Organismus gelegenen Factoren derselben genau gekannt sein, so daß die Art und Weise, wie aus den physikalischen Eigen-

schaften der einzelnen Factoren jenes äußere Merkmal resultiren müsse, gewissermaßen theoretisch construiert werden könne. In diesem Falle wird es dann auch leicht sein zu erkennen, in welcher Weise bei irgend einer Veränderung eines Factors das äußere Merkmal sich ändern werde oder umgekehrt, welcher innere Factor und in welcher Weise derselbe bei irgend einer Änderung des äußern Merkmals verändert sein müsse. Eine weitere Bedingung der Brauchbarkeit der äußern Merkmale zu den genannten theoretischen Zwecken ist mehr subjectiver Natur. Es müssen nämlich an jedem solchen äußern Merkmale schon die leisesten Verschiedenheiten wahrgenommen werden können. Es muß die Fähigkeit der betreffenden Sinnesorgane, leichtere Verschiedenheiten eines und desselben Merkmals aufzufassen, auf ein möglichstes Maximum gebracht werden; nur dann wird es möglich sein, alle innern Vorgänge von außen her mehr weniger genau zu erkennen. Ein Beispiel möge dies erläutern. Die scheinbar wenige Verschiedenheiten darbietende Hautfarbe zeigt bei sorgfältiger, lange dauernder Beobachtung, bei möglichster Übung des Gesichtssinnes im Unterscheiden feiner Nuancen, eine überraschend große Anzahl solcher verschiedener Nuancen. Die Factoren einer jeden Hautfarbe, wie sie sich der Wahrnehmung aufdrängt, sind außerordentlich mannigfach: die Dicke, der Pigmentgehalt der Epidermis; die Dicke der Durchsichtigkeitsgrad der Cutis; die Mächtigkeit des unter der Cutis gelegenen, Fett führenden subcutanen Bindegewebes, die Farbe dieses Fettes; die Farbe der unmittelbar unter der Cutis gelegenen Fascien und Muskeln, Sehnen, Bänder und Knochen. In der Cutis selbst ist die Zahl der Gefäße, der arteriellen, venösen und capillaren, von wesentlichem Einfluß für die Gesamtfarbe der Cutis, die in ihrem blutleeren Zustande auf einem Querschnitt stets rein weiß oder schwach grauweiß ist. Jeder dieser Factoren ist wieder von einer Menge anderer abhängig bezüglich seiner physikalischen Eigenschaften, so z. B. hängt die Durchsichtigkeit der Cutis nicht bloß von ihrer Dicke, sondern auch von dem Grade ihrer Durchfeuchtung, d. i. von ihrem Gehalte an freier Lympflüssigkeit oder Serum, die Farbe der Gefäße von ihrer Weite, ihrem Füllungsgrade, der Dicke ihrer Wandungen ab u. s. w. Das Resultat aller dieser Factoren, die äußerliche Hautfarbe, ändert sich in der That mit jedem der Factoren in bestimmter Weise; sie ist beispielsweise im Allgemeinen um mehr roth, je mehr Gefäße mit Blut gefüllt sind; die

Röthe ist gesättigt wenn sie von oberflächlichen Capillaren abhängt; sie ist blässer, wenn die Capillaren im Innern der Cutis liegen; umsomehr dem Purpur genähert, je mehr kleinste Venenzweigchen oberflächlich verlaufen; umsomehr blauroth, je mehr dieselben Venenzweigchen erweitert sind; die Farbe wird dunkelroth-blau, wenn außer den kleinsten Venenzweigchen auch noch größere in größerer Tiefe erweitert zahlreich neben einander liegen; umsomehr dunkelschwarzblau, je mehr die kleineren Venen und Capillaren blutleer werden und nur größere Zweige in nicht zu großer Tiefe stark ausgedehnt dicht nebeneinander verlaufen; umsomehr blaßgrau-blau, je tiefer diese stark ausgedehnten dichten Venengeflechte liegen. Die hellere oder dunklere Farbe des Blutes selbst ist bei allen diesen Hautfarben von geringerem, wenn auch nicht ohne Einfluß u. s. w. Nur wenn man alle diese Farben- Nuancen mit möglichster Schärfe wahrzunehmen im Stande ist, wenn man die elementaren physikalischen Gesetze derselben genau kennt, wenn man sich über alle ihre einzelnen Factoren Rechenschaft abzulegen weiß, wird man durch die Beobachtung ihrer allmählichen Veränderungen mehr weniger sichere Schlüsse auf bestimmte innere Vorgänge im Organismus ziehen können. Ähnliches gilt nun auch vom Schall, wenn er als Merkmal des Organismus zur Erforschung innerer Vorgänge benutzt werden soll. Die Aufgabe, den Schall in dem hier angegebenen Sinne physikalisch zu analysiren, alle seine Factoren im Organismus und den Antheil eines jeden derselben an ihm zu eruiren, erfordert aber langjährige Arbeit vereinter vieler Arbeitskräfte. Skoda hat zu dieser Arbeit bereits den ersten Impuls gegeben, und es mögen die hier folgenden Angaben auch nur als schwache Beiträge zu derselben gelten. Sie enthalten eine Reihe nackter Thatsachen in einer zum Abstrahiren bestimmter Gesetze zweckmäßigen Reihenfolge, naturgeschichtlich dargestellt, um aus ihnen bestimmte in der Physik noch nicht näher gekannte Gesetze und Normen abzuleiten.

Alle Verschiedenheiten des Schalles sind nach folgenden allgemeinen Begriffen gesondert und zu Gruppen zusammengefaßt: 1. nach der mit freiem Ohr erkennbaren Zusammensetzung des durch eine einfache bewegende Kraft erzeugten Schalles, 2. nach Intensität, 3. nach Dauer, 4. nach Höhe und 5. nach Farbe.

A. Von der Schallzusammensetzung.

Man nehme je 2 Kugeln von gleicher Größe aus verschiedenen Stoffen, z. B. aus Kautschuk, Holz, Stein und Metall — nehme von jeder Stoffart wo möglich mehrere durch Härte und Dichtigkeit verschiedene Varietäten, von Holz etwa weiches, hartes Holz und Kork — von Stein etwa Granit (als sehr hart), Marmor, Alabaster u. s. w., — von Metall Gußeisen, Kupfer oder Messing und Blei, — man nehme wenigstens von einer Stoffart Kugelpaare von mehrfacher verschiedener Größe, z. B. von 1", 2" und 3" Durchmesser, — man nehme aus diesen Kugeln zwei von gleichem Stoffe und gleicher Größe, stoße sie zuerst in beliebiger Entfernung vom Ohr mit nur geringer Geschwindigkeit gegen einander, und zwar zu wiederholten Malen, um sich die Qualität des Schalles gut einzuprägen; wiederhole dann dieselbe Procedur in unmittelbarer Nähe des äußern Gehörganges und führe den Stoß einmal von rückwärts nach vorne, einmal von der Seite her nach innen, so wird man zunächst finden, daß der Schall in letzterem Falle eine ganz andere Qualität annimmt, als welche er in größerer Entfernung der Kugeln vom Ohre hatte. Prüft man dann bei concentrirter Aufmerksamkeit den in der Nähe des Gehörganges erzeugten Schall, so wird man, wenn auch nicht gleich im ersten Moment, so doch nach einigen Wiederholungen erkennen, daß der ursprünglich einfach scheinende Schall aus zwei verschiedenen Schallstößen zusammengesetzt sei; man wird anfangs nicht beide gleichzeitig zu percipiren im Stande sein, sondern einmal den einen, ein anderes Mal den andern, je nachdem auf welchen die Aufmerksamkeit gelenkt ist und je nachdem in welcher Richtung der Stoß geführt wird.

Es ist der eine Schallstoß von sehr kurzer Dauer, wie abgehackt, während der zweite etwas länger anhält, und wenn auch in sehr kurzer Zeit, so doch mit erkennbarer Intensitäts-Abnahme erlischt. Es möge der kurze, abgehackte Schallstoß als primärer oder erster, der andere als secundärer oder zweiter Schall kurzweg bezeichnet werden. Man findet nun, daß, wenn der Stoß von der Seite her, also von links nach rechts oder umgekehrt geführt wird, besonders der erste Schall deutlich gehört wird; wird der Stoß hingegen von rückwärts nach vorne geführt, so hört man überwiegend den zweiten, und nur nach längerer Übung wird man bei jedem Stoß beide, und zwar gleichzeitig zu percipiren im Stande sein. Es

muß jedoch hervorgehoben werden, daß man anfangs rasch ermüdet und die bereits gewonnene Unterscheidungsfähigkeit der beiden Schallarten wieder verliert, wenn man zu lange die Beobachtung fortsetzt. Man gewinnt die Unterscheidungsfähigkeit erst wieder nach längerer Ruhe zurück, wird sie aber jedesmal nach einiger Anstrengung wieder verlieren, und es wird eine längere, wahrscheinlich nach der Individualität verschieden lange Zeit dauern, bevor die Unterscheidungsfähigkeit soweit erstarkt ist, daß man die zwei verschiedenen Schallarten in jedem Momente deutlich von einander unterscheiden kann. Dies gilt übrigens auch von den andern hier nachfolgenden Beobachtungen.

Der zweite Schall erscheint, namentlich nach längerer Übung, wie eine Art Nachhall oder Echo. In geschlossenen Räumen, z. B. in einem Zimmer, ist er in der That durch den echoartigen Reflex von den Wandungen verstärkt, was man schon nach einiger Beobachtung bemerkt; man kann sich aber leicht überzeugen, daß er auch im Freien, wo von einem Reflex nicht die Rede sein kann, wenn auch etwas schwächer und kürzer, gehört wird. Versucht man in einem großen, freien, ebenen Raume, wo nur vereinzelt aus der Ebene hervorragende Objecte, z. B. Bäume sich befinden, so findet man in größerer Entfernung von den Bäumen nur die zwei angegebenen Schallarten. Nähert man sich einem Baume etwa auf 200 Schritte, so hört man bei einiger Aufmerksamkeit außer den 2 Schallarten noch ein deutliches Echo; nähert man sich dem Baume noch mehr, so erscheint das Echo in immer kürzerer Zeit nach dem Hauptschall und verschmilzt bei etwa 50 Schritten vollständig mit diesem, so daß er etwas stärker und länger erscheint, von einem Echo aber nichts mehr gehört wird. Werden die Kugeln in einiger Entfernung vom Ohre gegen einander gestoßen, so ist die Unterscheidung beider Schallarten um so schwieriger, je weiter man vom Ohre entfernt ist. Führt man den Stoß sehr kräftig, so ist die Unterscheidung beider auch in der Nähe des Ohres viel schwieriger. Hingegen ist die Unterscheidung im Allgemeinen um so leichter, je größer die Kugeln werden; nur bei den ganz weichen Stoffen, dem Blei, Kautschuk und Kork hört man auch bei der größten Aufmerksamkeit nur einen Schall; höchstens Bleikugeln lassen bei sehr starkem Stoß eine Spur eines zweiten Schalles erkennen. Nimmt man Kugeln aus gleichem Stoffe, aber verschiedener Größe, so ist die Unterscheidung des ersten Schalles von dem zweiten

leichter; zudem kann man bei concentrirter Aufmerksamkeit den zweiten Schall als aus 2 Theilen bestehend erkennen, deren einer der kleineren, deren anderer der großen Kugel entspricht. Nimmt man Kugeln von gleicher Größe, aber von verschiedenen dichten Stoffen, z. B. Eisen und Holz, so ist die Unterscheidung ebenfalls leichter.

Bezüglich des Zusammenstoßens ist noch zu bemerken, daß bei manchen Stoffen, so beim Kautschuk, Holz etc. die Kugeln zu wiederholten Malen an einander prallen, und dadurch auch mehrere Schallstöße entstehen. Bei nur geringer Übung wird man dieses mehrfache Aneinanderprallen jedoch meist vermeiden.

Man nehme statt der Kugeln Platten von verschieden großer Fläche und Dicke und aus verschiedenen Stoffen, etwa rechtwinklige viereckige Platten von 3" Länge 2" Breite, ferner 6" Länge 4" Breite und noch 12" Länge 4" Breite; für jede Flächendimension nehme man 3 Dickendimensionen, und zwar 3"', 6"' und 12"', so daß im Ganzen 9 Platten vorhanden sind aus einer Stoffart; schließlich auch noch sehr große dünne Scheiben, etwa aus Glas, von bestimmter Größe und zwar plane und cylindrische Scheiben von ganz gleicher Fläche und Dicke des Glases; man nehme ferner runde Stäbe mit kuglig zugerundetem Ende, etwa von 6", 12" und 18" Länge, 1" und $\frac{1}{2}$ " Dicke.

Nimmt man nun eine der 3" oder 6" langen Platten, hält sie beliebig, und stößt mit irgend einer Kugel an einem beliebigen Punkte gegen eine ihrer Flächen, so unterscheidet man bei nicht zu starkem Stoße ebenfalls die schon früher beschriebenen zwei Schallarten, und zwar um so leichter, je dicker die Platten sind. Hält man sie in die Nähe des Ohres, so wird der erste Schall überwiegend wahrgenommen wenn die Kugel in der Nähe des Ohres sich befindet, die Platte weiter entfernt, und der zweite überwiegend wenn die Lage umgekehrt ist.

Wird die Platte an einem ihrer kurzen Ränder oder an beiden gegenüberstehenden festgehalten und schallend gemacht, so zeigt der erste Schall bei dünnen biegsamen Platten (etwa aus Holz) 2 verschiedene Momente, deren ersteres äußerst kurz kaum vernehmbar, deren zweiter hingegen dem zweiten Schall ähnlich ist. Bei dicken oder minder biegsamen Platten ist diese Unterscheidung nicht zu machen. Stößt man mit einer Kugel gegen das Ende eines kürzeren Stabes, so unterscheidet man ebenfalls dieselben 2 Schallarten, aber schon viel schwieriger als in den früheren Fällen.

Nimmt man die 12" langen Platten und Stäbe, oder die Glasscheiben und Cylinder, so ist vor Allem die Art ihrer Unterstützung zu unterscheiden. Hält man nämlich erstere mit der ganzen Hohlhand am Rande fest und stoßt sie wo immer mit einer Kugel, so unterscheidet man eben so wie früher die beiden Schallarten um so leichter, je dicker die Platten sind; hält man sie hingegen bloß mit 2 Fingern an den Rändern, so bemerkt man Folgendes: An den Holzplatten entsteht, wenn man sie mit 2 Fingern an 2 gegenüberliegenden Punkten der Seitenränder lose hält und mit einer Kugel irgendwo an die Hauptfläche oder auch an die Randflächen stößt, außer den früheren 2 Schallarten noch ein deutlicher musikalischer Klang und zwar, wie es scheint, auf Kosten des zweiten Schalles.

Der Klang ist am deutlichsten, wenn die Unterstützung der Ränder in circa $\frac{1}{5}$ — $\frac{1}{6}$ ihrer Länge geschieht, und fehlt bei dünneren Platten nur in derselben Entfernung vom entgegengesetzten Ende, in welcher die Unterstützung der Platte geschieht, oder wenn die Unterstützung sowohl, als der Stoß in der Mitte der Platte stattfindet. Bei dickeren Platten ist selbst in diesem Falle noch eine Spur des Klanges.

Bei Platten aus Stein oder Metall ist im Ganzen dasselbe Verhältniß, nur daß die Klänge schon bei viel kleineren Platten auftreten, als beim Holz, so z. B. hört man bei 6zölligen Steinplatten von 6''' Dicke schon sehr deutlich den Klang, bei 12''' Dicke minder deutlich; speciell gibt eine 6zöllige Granitplatte von 1" Dicke nur eine Spur eines Klanges, eine ebenso große Marmorplatte gar keinen, während dieselbe Alabasterplatte einen ganz deutlichen Klang gibt, ebenso auch Eisen: hingegen gibt eine 6zöllige Platte von 3''' Dicke auch schon aus Marmor einen sehr reinen Klang, selbstverständlich aus Alabaster und Eisen ebenfalls; 3zöllige Platten von 1" Dicke geben selbst bei Metallen keinen Klang, von 3''' Dicke gibt außer den Metallen nur Alabaster einen sehr schwachen. An den Scheiben entstehen, wenn sie mit 2 Fingern an irgend einem Punkte eines ihrer Ränder hängend gehalten werden, ebenfalls auf Kosten des zweiten Schalles, eine ganze Reihe schon mit freiem Ohre unterscheidbarer Klänge, die um so deutlicher werden, je näher man mit den 2 Fingern der Mitte des Randes kömmt und die am lautesten gehört werden, wenn man nicht unmittelbar den Rand selbst, sondern wieder etwa in $\frac{1}{5}$ des ganzen Durchmessers der Scheibe die Hauptflächen hält.

Die Entfernungen, von den Ecken und Rändern, in welchen sowohl bei den Platten, als auch bei den Scheiben die Unterstützung zu geschehen hat, um den deutlichsten Klang zu erzeugen, variiren übrigens nach der Größe und nach dem Verhältniß der Länge zur Breite bei denselben.

Bei den Cylindern entstehen ebenfalls; wenn sie entweder auf einer ihrer Basalperipherien aufrecht stehen oder in ähnlicher Weise wie die Scheiben gehalten werden, eine ähnliche Reihe von Klängen, deren Zahl um so geringer wird, je enger die Cylinder sind, so daß sie bei einer gewissen Grenze sich ganz verlieren, während Scheiben von ganz demselben Flächenmaaß noch deutliche Klänge geben. Bei den Holz-Stäben entsteht — nur bei den längsten und stärkerem Stoß — wenn sie entweder mit der Hohlhand lose umfaßt oder wenn sie in beiläufig $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{5}$ ihrer Länge mit zwei Fingern verticalhängend gehalten werden, sowohl bei verticalem als bei transversalem Stoß mit einer Kugel ein schwacher Klang neben den andern 2 Schallarten. Hingegen entstehen bei gleichlangen und dicken Eisenstäben reine Klänge, und zwar bei 3''' dicken schon bei 6'' Länge, bei 6''' Dicke erst bei 12'' Länge; bei noch längeren Stäben entsteht eine ganze Reihe von Klängen.

Legt man in all den bisher angeführten Fällen zwischen die zusammenstoßenden Körper Kautschuklagen von verschiedener Dicke, so bemerkt man Folgendes: Bei Kugeln ist zu unterscheiden, aus welchem Stoffe dieselben bestehen und welchen Durchmesser sie haben.

Metallkugeln von 1'' Durchmesser geben, wenn sie durch eine $1\frac{1}{2}$ '''—2''' Dicke Kautschukschichte getrennt sind, bei der früher gebrauchten Stoßgeschwindigkeit keinen zweiten Schall. Bei 2'' Durchmesser unter denselben Verhältnissen nur eine Spur des zweiten Schalles, die bei einer nur etwas dickeren Kautschuklage auch schwindet. Nur wenn der Stoß um vieles stärker wird, erscheint auch wieder ein mehr weniger deutlicher zweiter Schall. Von Stein gilt dasselbe wie von Metall. Holzkugeln von 1'' Durchmesser geben auch da noch einen deutlichen zweiten Schall, wo er bei Metall schon fehlt und es schwindet derselbe erst bei viel dickeren Kautschuklagen oder bei viel schwächerem Stoß. Bei Platten gilt etwas ähnliches. Stein und Metall geben bei der früher gebrauchten Kautschukschichte um so weniger einen zweiten Schall, je dicker sie sind und je kleiner

ihre Fläche ist. Holzplatten hingegen lassen den zweiten Schall verhältnißmäßig länger hören.

Die Klänge, die bei den Platten und Scheiben entstehen, werden durch Kautschuklagen um so weniger gestört, je dünner die betreffenden Platten und Scheiben sind, vorausgesetzt, daß die Kautschuklage dem stoßenden Körper anhaftet und nicht der Scheibe.

Man nehme trockene und feuchte thierische Membranen, von letzteren mehr und minder durchweichte; man kann solche erlangen, wenn man gewöhnliche Thierblasen oder Darmröhren längere oder kürzere Zeit im Wasser maceriren läßt. Membranen frisch geschlachteter Thiere erlangen erst nach 24 und mehrstündiger Maceration einen höheren Grad von Weichheit, und zwar hängt dies von der Dicke der Membranen, so wie von der Mächtigkeit ihrer etwaigen Muskelschichte ab; hingegen ist das Darmrohr menschlicher Cadavern meist schon bei der gewöhnlichen Obduction in hohem Grade macerirt und weich. Man spanne derartige Membranen über irgend welche kreisförmige Körper, z. B. Holz oder Glascylinder, oder lasse sie allenfalls mit den Händen künstlich anspannen; man nehme ferner geschlossene Röhren oder Blasen bildende thierische Membranen von verschiedener Größe, und blase sie mehr weniger straff auf.

Stößt man mit irgend einem Holzstabe gegen eine trockene über eine Kreisperipherie gespannte Membran, so hört man die bekannten 2 Schallarten und noch einen Klang, letzteren um so deutlicher, je größer die Membran, und je näher der Peripherie der Stoß geführt wird; im Centrum der Kreisfläche fehlt der Klang bei Membranen von circa 15 Cm. Durchmesser fast ganz. Ist die Membran feucht, so hört man nur einen ersten Schall, und bei einem höhern Spannungsgrad einen Klang unter denselben Bedingungen wie bei trockenen. Läßt man die Fläche der über einen Cylinder gespannten Membran *convex* oder *concav* werden, indem man den Cylinder über den sie nur lose gespannt mit seit seiner untern Basis in Wasser taucht, in welchem Falle dann die im Cylinder abgesperrte Luft die schlaaffe Membran nach aufwärts wölbt, oder indem man den schon von früher her in Wasser getauchten Cylinder aus dem Wasser theilweise heraushebt, in welchem Falle die Luft im Innern verdünnt, und die Membran durch die äußere Luft einwärts gewölbt wird, und stößt auf die *convexe* oder *concave* Membranfläche, so ist stets nur ein Schall zu hören, vom Klang keine Spur, selbst wenn die Spannung der

Membran keine hochgradige ist. Schlägt man mit einem Stabe auf eine mit Luft gefüllte geschlossene Blase oder membranöses Rohr, so hört man bei sehr schlaffer macerirter Membran nur einen Schall wenn der Stoß nur schwach ist, hingegen zwei wenn der Stoß stärker wird, so daß durch ihn die ganze Blasenwand gespannt wird; ist die Membran straff gespannt, so hört man schon bei schwächerem Stoß auch einen zweiten Schall, ist die Spannung noch größer, so muß der Stoß auch wieder stärker werden, um den zweiten Schall deutlich erscheinen zu lassen. Hat die Blase oder das membranöse Rohr eine bestimmte Größe, etwa die eines gewöhnlichen menschlichen Dickdarmstückes, dessen Länge bedeutend größer ist, als sein Dickdurchmesser, und ist die Membran hochgrädig durchweicht, so hört man bei rasch abschnellenden, nicht tief eindringendem Stoß, namentlich an den Enden des Längendurchmessers, außer dem ersten und zweiten Schall auch noch einen mehr weniger deutlichen Klang, der gegen die Mitte mehr oder weniger vollständig schwindet.

Ist das Rohr nicht vollständig durchweicht, so hat man den Klang, nur wenn sie größere Dimensionen, hat etwa 50 Cm. Peripherie und 35 Cm. Längendurchmesser.

Man nehme einige etwa 6—8'' lange, verschieden dicke, möglichst vollständig ausgetrocknete Holzstäbe, ferner Zwirn-, Baumwoll- und Seidenfäden von verschiedener Dicke, feste membranöse Bänder von verschiedener bis 2'' betragender Breite. Spannt man die Fäden oder Membranen kräftig und plötzlich an, so hört man, wenn sie nur kurz sind, einen Schall, an dem man nur schwierig zwei Stöße unterscheiden kann. Reißt man die Fäden mit einem plötzlichen starken Zug, so unterscheidet man deutlich die früher genannten zwei Schallarten, eben so wenn man die stark gespannten Fäden mit einem Finger zupft. Bricht man einen Holzspan mit einem kräftigen Druck derart entzwei, daß er auf einmal seiner ganzen Dicke nach getrennt wird, so hört man ebenfalls die zwei Schallarten.

Nimmt man zu den frühern Versuchen längere Fäden oder Bänder, so erscheint auch ein mehr weniger deutlicher Klang außer dem ersten Schall.

Man nehme zwei Wassergefäße, eines aus Holz, eines aus dünnem Eisenblech, von circa 12—14" Höhe und 16—18" Durchmesser, ferner ein gewöhnliches Steingut- oder Porzellanlavoir, fülle sämtliche Gefäße mit Wasser. Läßt man auf eine der Wasserflächen Wasser von irgend einer Höhe auftropfen, so hört man außer dem in der Ferne hörbaren, von der dem Wasser während des Falles beigemischten Luft herrührenden Schall in unmittelbarer Nähe auch noch einen ersten sehr schwachen Schall, der übrigens um so lauter ist, je seichter das Wasser in dem Gefäß und je näher der Tropfen zur Seitenwand des Gefäßes einfällt. Bei bedeutender Tiefe des Wassers und in größerer Entfernung von den Gefäßwänden, ist der erste Schall gar nicht hörbar. Beobachtet man diesen Schall etwa in einer Badewanne, indem man untertaucht, so wird der erste Schall etwas deutlicher, der zweite minder deutlich, sonst aber bleibt dasselbe Verhältniß wie früher.

Spritzt man unter Wasser aus einer Spritze einen luftfreien Wasserstrahl mit noch so großer Kraft aus, so hört man dabei, weder außer, noch unter dem Wasser eine Spur eines Schalles, nur wenn der Strahl gegen die Gefäßwand oder sonst einen festen Körper gerichtet ist, hört man unter Wasser, bei sehr kräftigem Druck einen schwachen rieselnden Schall, der übrigens um so lauter wird, je näher die Spritzenmündung der Wand ist. Stößt man feste Körper unter Wasser zusammen, so erhält man folgende Resultate: Nimmt man zwei Eisenkugeln von höchstens 1" Durchmesser, und taucht sie wenigstens 3", 4" unter die Wasseroberfläche in einem der großen Gefäße, so hört man nur den ersten Schall, so lange man in der Mitte des Gefäßes bleibt; nähert man sich aber der Gefäßwand, so hört man in einer Entfernung von etwa 2" von derselben auch schon einen zweiten Schall, der bei dem Holzgefäß anders beschaffen ist als bei dem Blechgefäß, bei letzterem namentlich mehr weniger klangähnlich wird. Nimmt man größere Kugeln, etwa von 2" Durchmesser, so hört man auch schon in der Mitte des Gefäßes ein kurzes nachhallendes Geräusch statt des zweiten Schalles.

Nimmt man Holzkugeln, so ist zunächst zu bemerken, daß das Holz allmählig Wasser einsaugt und dann seine Schallfähigkeit ganz verändert wird, weshalb man den Schall nur in der ersten Zeit nach dem Eintauchen beobachten darf. Dasselbe gilt vom Kork. Bei Holzkugeln also hört man, selbst wenn sie nur 1" Durchmesser haben, schon in der Mitte des Gefäßes das Geräusch; bei 2" Durchmesser

hört man daselbst schon einen zweiten Schall. Bei Annäherung an die Gefäßwände hört man selbstverständlich immer den den Wänden selbst entsprechenden Schall.

Im Lavoir lassen selbst sehr kleine Körper schon in der Mitte einen deutlichen Klang, der von der Gefäßwand herrührt, hören.

Kautschuk und Bleikugeln geben selbst bei 2" Durchmesser keinen zweiten Schall oder Geräusch in den großen Gefäßen, im Lavoir jedoch einen deutlichen Klang. Korkkugeln von etwas mehr als 1" Durchmesser geben selbst im Lavoir keinen zweiten Schall. Bei Annäherung an die Gefäßwand geben jedoch auch Kautschuk und Blei einen zweiten Schall oder Klang. Nähert man in allen diesen Versuchen die Kugeln der Wasseroberfläche, so wird der zweite Schall immer deutlicher und dem in der Luft ähnlich. Hält man nun eine der Kugeln ganz außer dem Wasser, die zweite an der Oberfläche, jedoch unter Wasser während des Zusammenstoßes, so hört man außer dem ersten Schall noch deutlich zwei andere, deren einer als der Gefäßwand, der andere als der außer dem Wasser befindlichen Kugel angehörig erkannt werden kann. Blei und Kautschuk geben in diesem Fall nur einen ersten und den der Gefäßwand entsprechenden zweiten Schall, Kork nur ein zweites Geräusch. Stößt man Platten mit Kugeln unter Wasser zusammen, so erhält man folgende Resultate: Der zweite Schall in der Luft fehlt allenthalben und ist durch den der Gefäßwand entsprechenden Schall ersetzt. Die Größe der Platten und ihre Dicke, die Größe der Kugeln, die Stelle, an der der Stoß entsteht, ändern bloß die Intensität beider Schallarten. Beobachtet man diese Schallarten in einer größeren Badewanne unter Wasser getaucht, so ist ebenfalls bloß die Intensität verschieden, im übrigen aber die Verhältnisse unverändert.

Man nehme mehrere Kautschukröhren von verschiedener Länge, etwa 60, 30, 15 Cm., und verschiedener Weite, etwa $\frac{5}{4}$, $\frac{3}{4}$, $\frac{1}{4}$ Cm. Durchmesser; Kautschukröhren von größerer Weite, die sich in 2—3 engere verzweigen; Hohlgefäße von verschiedenen Formen und Größen, etwa Kaffee- oder Theekannen, Lampenkugeln; Glasylinder von verschiedener Länge und Weite.

Strömt Gas oder Dampf durch ein weiches biegsames Rohr heraus, so hört man den Schall nicht nur in der Nähe des

Rohres, sondern, wenn man ein Hörrohr, dessen freies Ende in den äußern Gehörgang eingeführt wird, an der Wand desselben anlegt, auch aus dem Innern des Rohres heraus. Bei sehr sorgfältiger Beobachtung erkennt man selbst an diesem continuirlichen Schall eine Zusammensetzung aus wenigstens zwei verschiedenartigen Elementen, einen weicheren tieferen und einen härteren höheren Theil, wovon später ausführlicher die Rede sein wird.

Das Durchstreichen von Luft kann in Ermanglung zweckmäßigerer Vorrichtungen auch durch Einblasen mit dem Munde bewirkt werden. Dabei ist allerdings zu beachten, daß auch die Mundhöhle, der Kehlkopf, die Luftröhre die am Rohr entstehenden Geräusche einigermaßen modificiren, und zwar besonders in der Weise, daß das Rohr durch selbe um ein gewisses Stück verlängert wird. Diese Modification bleibt aber für alle Rohrarten gleich, und ist, wie man sich durch Anlegen eines biegsamen Hörrohres an den eigenen Kehlkopf beim Blasen überzeugen kann, nur dann von Bedeutung, wenn man der Zunge, überhaupt allen betreffenden Partien jene Stellung gibt, die sie beim Aussprechen der Kehllaute einnehmen, sonst aber, wenn man in ein innerhalb der Mundhöhle befindliches Rohrstück bläst, fast verschwindend gering, und zwar um so geringer, je weiter entfernt vom Mundstück das Rohr behorcht wird.

Trifft der Luftstrom die Mündung eines lufthältigen Hohlraumes, sei es senkrecht oder horizontal, so entsteht bei hinreichender Stärke desselben ein neuer Schall im Innern des Luftraumes, der um so deutlicher wird, je regelmäßiger rund der Hohlraum und je größer derselbe ist; nur muß die Öffnung des Hohlraumes in einem bestimmten Verhältniß zu dessen Kubikinhalte stehen. Der Durchmesser der Öffnung muß nämlich vielfach kleiner sein, als der des Hohlraumes selbst; doch darf er unter ein bestimmtes Maß nicht herabsinken.

Erzeugt man durch Zusammenstoßen zweier Körper an der Mündung eines Hohlraumes, etwa einer Lampenglaskugel, einer Kaffee-, Thee-, Milchkanne, eines Glascylinders von verschiedenen Dimensionen etc. einen Schall, so entsteht in allen den angegebenen Lufträumen ein neuer Schall außer den zwei bekannten Schallarten, der aber mit dem zweiten insbesondere mehr weniger vollständig verschmilzt, und zwar ihn entweder verstärkt, ohne sonst seine Qualität bedeutend abzuändern, oder seine Qualität so abändert, daß

er nun als ganz neuer Schall neben dem ersten erscheint. Stößt man nämlich zwei Holzkugeln von 2" Durchmesser an der Mündung eines 17—18 Cm. Durchmesser haltenden Glaszylinders gegeneinander, so hört man bloß ein lautes Geräusch nach dem verstärkten zweiten Schall, an der Mündung eines bloß 10 Cm. Durchmesser haltenden Cylinders hingegen hört man den zweiten Schall in einen ganz neuen umgewandelt. Stößt man dieselbe Kugel auf eine 3" lange, 1" dicke Holzplatte an der Mündung des großen Cylinders, so ist der zweite Schall bereits umgeändert in einen neuen; stößt man aber eine gleich große Steinkugel und Platte zusammen, so erscheint der zweite Schall bloß durch ein nachhallendes Geräusch verstärkt, während über dem kleinen Cylinder auch die Steinkörper einen neuen Schall liefern. Deckt man die Mündung des Cylinders zum Theile zu, so werden über der offen bleibenden Stelle auch schon zwei Kugeln, sowie die Steinplatte und Kugel den zweiten Schall in einen neuen umändern. Wird der Cylinder kürzer, indem man ihn z. B. in Wasser stellt bis zu einer gewissen Höhe, so wird auch schon durch zwei Holzkugeln der zweite Schall in einen neuen umgeändert, der erst dann wieder in eine Verstärkung des ursprünglichen zweiten Schalles übergeht, wenn der Cylinder um mehr als die Hälfte verkleinert worden, in diesem Falle fehlt aber das nachhallende Geräusch nach dem verstärkten zweiten Schall, um so mehr, je kürzer die Luftsäule des Cylinders geworden.

Stößt man die Kugeln an der Mündung von Lampenglaskugeln oder Kannen gegen einander, so erscheint immer der zweite Schall in einen neuen umgeändert. Auch bei Kautschukkugeln erscheint übrigens der neue Schall, und zwar eben so deutlich als bei harten Stoffen, ohne daß der ursprüngliche Kautschukschall dadurch wesentlich geändert wurde. In der unmittelbarsten Nähe der Hohlraum-mündung, oder noch besser, wenn man ein Kautschukhörrohr in den Hohlraum hineinlegt und durch dasselbe horcht, hört man bei etwas größeren Hohlräumen auch noch einen schwachen Klang. Stößt man aber nur zollgroße Kugeln zusammen, so entsteht der neue Schall bloß bei Lampenkugeln mit enger Mündung, während bei großen Kannen bloß ein Geräusch gehört wird. Entfernt man die zusammenstoßenden Körper von den Mündungen der Hohlräume nach aufwärts allmählig, so verliert sich der neue Schall ebenfalls in allen jenen Fällen, wo er unmittelbar an der Mündung vor-

handen war, und wird durch ein nachhallendes Geräusch ersetzt.

Stößt man eine Stein- oder Metallkugel über solchen Hohlräumen, die mit zwei Kugeln aus gleichem Stoffe einen neuen Schall gaben, mit einer Holzkugel zusammen, so entsteht der neue Schall nur, wenn die Holzkugel unten ist; ist die Steinkugel unten, so fehlt er vollständig. Stellt man einen Cylinder auf irgend eine Platte, so daß er luftdicht aufruhet, so gibt die Platte, wenn man mit irgend einem mäßig harten oder ganz weichen Körper von unten auf sie stößt, anstatt ihres gewöhnlichen zweiten Schalles ebenfalls einen neuen Schall; dasselbe geschieht auch mit dem Boden harter etwa thönerner oder porzellanener Gefäße. Es möge dieser neue Schall als Reflexschall bezeichnet werden.

Senkt man die Kugeln in das Innere der Hohlräume und stößt sie daselbst zusammen, so ist keine Spur eines neuen Schalles, aber es wird auch der ursprüngliche von Außen her nicht stärker, sondern schwächer vernommen, dies gilt selbst für den Fall, wenn man das Ohr unmittelbar an die Außenfläche des Gefäßes anlegt. Deckt man die Mündung jener Gefäße, an denen man einen Reflexschall durch Anstoßen an dem Boden derselben von Außen erzeugt hat, vollständig zu, so hört der Reflexschall ganz auf hörbar zu sein nach Außen; legt man aber das Ohr unmittelbar an das Gefäß, oder was noch zweckmäßiger ist, legt man durch eine kleine Öffnung in einer seiner Wände ein Kautschukhörrohr, so hört man aus dem Innern beim Stoß eine Art klingenden Geräusches (metallischer Klang), bei starkem Stoß sogar einen lauten Klang, gleichgiltig welche Form das Gefäß, wenn es nur eine bestimmte Größe hat.

Legt man auf die Wand einer geschlossenen lufthältigen membranösen Blase oder eines Rohres eine kleine Platte aus hartem Stoffe, und erzeugt an dieser Platte durch Stoß mit einem mäßig harten Körper, etwa einer Fingerspitze, einen Schall, so hört man, wenn die Membran wenig gespannt und vollständig durchweicht ist, außer dem schwachen ursprünglichen auch noch einen Reflexschall neben dem unter denselben Bedingungen, wie beim directen Stoß mit einem Stab, auf die Membran auch noch ein reiner Klang auftreten, ja sogar den ersteren Reflexschall mehr weniger maskiren kann. Ist die Blasenwand etwas steifer, so schwinden beide neue Schallarten mit der Zunahme der Steifheit. Wird die Spannung der

Blase oder des Rohres durch Lufteinblasen größer, so geht bei großem Volum derselben der Reflexschall in ein nachhallendes Geräusch über, bei kleinem fehlt er ganz, in beiden Fällen erscheint der ursprüngliche Schall um so mehr verstärkt, je vollständiger der Reflexschall geschwunden. War ein Klang hörbar, so bleibt derselbe auch bei der höchsten Spannung, wenn auch kürzer und schwächer hörbar, aber selbst wenn von außen kein Klang gehört wird, ist derselbe durch ein an die Wand gelegtes Hörrohr, namentlich, wenn mit harten Stoffen und nur leise gestoßen wird, hörbar.

Wird die Platte gegen das Lumen der Blase hineingedrückt, so erscheint auch bei großer Spannung ein zweiter Schall neben dem ursprünglichen, der aber nicht mehr den Charakter des Reflex-, sondern den des zweiten Schalles harter Körper hat.

Leitet man irgend einen lauten Schall, etwa den einer menschlichen Stimme, in eine Kautschukröhre oder in ein System solcher Röhren, um ihn mittelst eines Hörrohres von Außen zu untersuchen, so ist es am zweckmäßigsten, um möglichst genaue Resultate zu erzielen, wenn das Hörrohr aus Kautschuk ist, so daß man den Schall durch Zusammendrücken des Rohres beliebig unterbrechen, und durch Loslassen momentan wieder hervorrufen kann. Die Mündung des Hörrohres ist am zweckmäßigsten, da sie durch dünnere Röhren nicht gedeckt wird, sammt der Röhre mit der Hohlhand so zu umfassen, daß beide von der äußern Luft ganz abgeschlossen sind. Beobachtet man in dieser Weise den Schall sorgfältig durch längere Zeit, indem man durch öftere Unterbrechung ihn mit dem äußern Schall vergleicht, so findet man, daß außer dem eingeleiteten Schall immer noch neugebildeter zu hören ist, und zwar ist ein Schall, der dem ursprünglichen ganz ähnlich ist, und außerdem noch ein oder auch mehrere einfache Töne zu hören, letztere namentlich dann am deutlichsten, wenn das Ende der Röhre geschlossen wird. Alle diese neugebildeten Schallarten unterscheidet man am leichtesten im ersten Momente ihres Entstehens, nach einiger Zeit verschmelzen sie mit einander so, daß man sie kaum unterscheiden kann.

B. Von der Intensität des Schalles.

Für die Schall-Intensität sind im gewöhnlichen Sprachgebrauche die Ausdrücke laut und leise oder stark und schwach eingeführt. Sie läßt sich objectiv durch die Größe der Entfernung, auf die sich der Schall überhaupt fortpflanzen kann, oder auch durch die Dicke dichter Schall leitender Medien, die er durchdringt, messen. Exacte wissenschaftliche Beobachtungen über die Bedingungen der Schall-Intensität müßten mithin auf objective Messungen basirt sein; da jedoch diese Messungen einerseits für eine allgemeine Theorie des Schalles von geringerer Wichtigkeit sind, andererseits ungemein complicirter Vorrichtungen und Arbeiten bedürfen, so mögen hier möglichst vorsichtige, durch vielfache Beobachtungen controlirte subjective Abschätzungen genügen. Diese subjective Abschätzung wurde hauptsächlich auf den gewissermaßen unangenehmen Eindruck, den intensiver Schall in unmittelbarer Nähe auf das Gehörorgan ausübt, gestützt. Es ergeben sich nun für die früher schon genannten Stoffe folgende Intensitäten. Bei mäßigem Stoß ist der erste Schall allenthalben wesentlich schwächer als der zweite, übrigens ist derselbe am intensivsten bei Stein, auf diesen folgt Metall, dann Holz; am schwächsten ist er bei Kautschuk. Der zweite Schall ist am intensivsten bei der Gruppe Holz, dann folgt die Gruppe Stein, zum Schlusse Metall. Durch Verstärkung des Stoßes nehmen auch die Intensitäten bis zu einer gewissen Grenze zu; diese Grenze ist bei größern Körpern weiter gesteckt, als bei kleinern. Nimmt man Körper von verschiedener Härte und specifischen Gewichte, z. B. Eisen und Holz, Kautschuk und Metall oder Holz, so wird scheinbar der erste Schall (vergleiche hierüber die Angaben über Schallhöhe verschieden dichter Stoffe) merklich intensiver, der zweite hingegen minder intensiv, als bei Stoffen von gleicher Härte und Dichtigkeit. Bei den 3- und 6zölligen Holzplatten gilt folgendes: Das erste Moment des ersten Schalles ist intensiver bei den dickern, das zweite bei den dünnern Platten. Der zweite ebenfalls bei dünnern Platten intensiver, als bei dickern. Der zweite Schall ist bei 6zölligen Platten intensiver als bei 3zölligen, aber es ist fast gleichgiltig, ob mit größern oder kleinern Kugeln gestossen wird; der erste Schall hingegen ist ebenfalls bei 6zölligen Platten intensiver als bei 3zölligen, aber bei größern Kugeln auch wieder in-

tensiver als bei kleinern, und zwar hat die Größe der Kugeln bei größern Platten mehr Einfluß auf die Schall-Intensität, als bei kleinern. Bei 12zölligen Platten gelten dieselben Verhältnisse, nur daß hier der zweite Schall durch den Klang mehr weniger verdeckt wird. Der Klang ist um so lauter, je dicker die Platte und je stärker der Stoß. Außerdem ist der Klang bei dünnen Platten am lautesten in der Nähe des kurzen Randes, besonders gegen die Ecken hin, 1" weit von beiden gegenüber der Unterstützungsstelle; fehlt fast ganz in jener Höhe, in der von der andern Seite die Unterstützung geschieht, und nimmt dann gegen die Mitte an Intensität zu, von der Mitte abwärts wieder ab; bei dickern Platten ist der Klang fast überall gleich laut, wenigstens bei stärkerem Stoße, bei schwächerem verhält er sich ähnlich wie bei dünneren. Bei Glasscheiben erscheint der erste Schall, nur wenn sie mit harten Körpern gestossen werden; dabei sind die Klänge schwächer, diese werden lauter, wenn sie mit der Fingerspitze gestossen werden, und zwar am lautesten in der Nähe der Ecken an bestimmten Punkten, gegen die Mitte hin allmählig schwächer, während hier wieder der erste Schall lauter wird. Wird der Stoß bei allen Platten auf die Randflächen geführt, so ist im Allgemeinen der erste Schall am lautesten, der zweite weitaus schwächer, als im früheren Fall, der Klang hingegen ist nur um wenig schwächer. Außerdem ist der erste Schall um so lauter, je dicker die Platte ist, so daß er bei 1" dicken Platten sogar lauter sein kann, als an der Hauptfläche; der zweite Schall hingegen ist um so lauter, je größer die Platte und die Kugeln. Sind die Platten aus Stein oder Metall, so ist erstens der Unterschied zwischen der Schall-Intensität an den Haupt- und den Randflächen viel kleiner, weil selbe an den Hauptflächen viel kleiner ist, außerdem zweitens der Klang viel intensiver, als bei Holzplatten; sonst gelten dieselben Verhältnisse.

Nimmt man statt der Kugeln Stäbe und stößt die Platte senkrecht gegen das Stabende, so findet man, daß bei dickern Stäben im Allgemeinen der erste Schall lauter ist, als bei dünneren; ebenso ist er bei längern Stäben lauter als bei kürzern. Außer dem ersten gemeinsamen Schall unterscheidet man hier bei schwachem Stoß deutlich noch zwei Schallarten, deren einer der Platte, der zweite meist schon Klang ähnliche theils der Platte, theils dem Stabe angehört. Der Schall beider wird um so lauter, je dünner und größer die Platte;

je dicker und länger der Stab, um so schwächer, je dicker und kleiner die Platte, je dünner der Stab. Der Schall des Stabes wird um so deutlicher, je dicker und kleiner die Platte, je länger und dicker der Stab; bei 6'' langen Platten ist der Klang des Stabes schon gar nicht zu unterscheiden. Läßt man die Stabenden hebelförmig von der Seite her auffallen, so wird wohl in erster Linie die Schallhöhe auffallend verändert, wovon später, aber außerdem wird auch die Intensität merklich abgeändert, namentlich wird der erste Schall etwas, der zweite auffallend schwächer, nur der Klang sowohl der Platte als des Stabes tritt lauter hervor.

Sind Platte und Kugel aus verschiedenen dichten und harten Stoffen, so ist zu unterscheiden, ob die Platten oder ob die Kugeln dichter werden. Sind die Platten wie früher aus Holz, die Kugeln aus Stein oder Metall, so wird scheinbar der erste Schall um so lauter, je dichter das Metall und je größer die Kugel; der zweite oder Plattenschall hingegen in demselben Grade etwas schwächer als bei Holzkugeln, und am schwächsten der Klang. Sind die Kugeln aus Kork oder Kautschuk, so sind beim Kork alle drei Schallarten gleichmäßig sehr schwach, beim Kautschuk hingegen nur ein schwacher Schall neben einem ziemlich deutlichen und lauten Klang. Sind die Platten hingegen aus dichterem Stoffe, z. B. aus Stein, die Kugeln aus Holz, so ist der Schall verschieden intensiv, je nach der Dicke der Platten (vergl. d. Angaben über die Höhe) nur bei dicken Platten wird, wie bei Holz- und Steinkugeln, scheinbar der erste Schall lauter als bei Holzmassen, der zweite etwas schwächer, ein intensiver Klang tritt viel früher als beim Holz auf. Werden sie mit Metall gestossen, so wird der erste Schall um so lauter, je größer die Kugel, der Klang dagegen wird etwas schwächer. Bei dünnen Platten ist der Unterschied kaum merklich, ob mit Holz- oder Steinkugeln gestoßen wird.

Wird zwischen Platte und Kugel eine Kautschukschicht gelegt, so ist zu den frühern Angaben noch hinzuzufügen, daß der zweite Schall um so schwächer wird, je kleiner und dicker die Platte, im Ganzen aber verhältnißmäßig lauter bleibt als bei Kugeln. Werden die Platten einer größern reflectirenden Fläche parallel genähert, so erscheint ihr Schall am intensivsten in einer bestimmten nach der Größe der Platten variirenden Entfernung, bei der Annäherung wieder immer schwächer, je näher, bei Entfernung etwas schwächer

ohne Unterschied der Größe der Entfernung. (Vergleich Höhen-differenzen.)

Unter Wasser wird der Schall aller Körper im Allgemeinen schwächer. Stößt man Kugeln in einem hölzernen Gefäß an einander, so wird der erste Schall bei 2—3'' Tiefe lauter, bei größerer Tiefe um so schwächer, je tiefer unter Wasser; der zweite Schall auffallend schwächer, so daß er bei kleinen Kugeln ganz fehlt. Der dritte Schall, der bei Annäherung an die Gefäßwand entsteht, wird um so lauter, je näher die Gefäßwand, je größer die Kugeln, überhaupt je länger der erste Schall der betreffenden Körper in der Luft zu sein pflegt. Ist nur die eine Kugel unter Wasser, die zweite außerhalb, so ist der dritte Schall, der der Gefäßwand entspricht, viel lauter, als wenn beide Kugeln unter Wasser sind. Ungleiche Stoffe, z. B. Eisen und Holz, unter Wasser verhalten sich so wie in der Luft, nur daß beide Schallarten, namentlich aber der zweite viel schwächer sind. Ist der dichtere bloß unter Wasser, der leichtere nicht, so ist scheinbar der erste Schall schwächer, als wenn beide in der Luft wären, der zweite hingegen etwas lauter, oder wenigstens deutlicher, weil er vom ersten nicht gedeckt ist. Ist umgekehrt der leichtere unter Wasser, der dichtere außerhalb, so ist statt des zweiten Schalles der von der Gefäßwand herrührende sehr laut, der erste etwas tiefer und ebenfalls lauter.

Hat man Platten und Kugeln unter Wasser, so ist ebenfalls der Schall im Allgemeinen viel schwächer als in der Luft, im übrigen ist das Verhältniß bezüglich der Größe der Kugeln und Platten dasselbe, wie in der Luft, nur daß unter Wasser dicke Platten einen lautern Schall, sowohl den ersten, als auch den der Gefäßwand entsprechenden geben, als dünnere, und daß der Schall der schmalen Flächen ebenfalls in dem Grade lauter ist als der der großen, als die Platte größer und dicker ist. Sind Platten und Kugeln aus verschiedenen Stoffen, so bleibt das Verhältniß unverändert. Sind Platten und Kugeln aus dichtern aber gleichen Stoffen, z. B. Stein, Metall, so ist die Abnahme der Schall-Intensität unter Wasser nicht so bedeutend, aber sonst dasselbe Verhältniß. Am schwächsten werden unter Wasser alle Klänge, bei den meisten Platten fehlen sie ganz. Ist das Wassergefäß aus Metallblech, so fällt der der Gefäßwand entsprechende laute Schall allenthalben ganz weg und wird durch undeutliche Klänge ersetzt, dadurch ändert sich das Verhältniß

des Schalles in einer leicht zu combinirenden Weise. Alle diese Erscheinungen bleiben in demselben Verhältniß, wenn man in dem Wasser, in dem der Schall erzeugt wird, untertaucht; es werden alle Schallarten in gleicher Weise intensiver. Hervorzuheben ist, daß wenn der Schall in etwa 1'' Entfernung vom Gehörorgan entsteht, derselbe unverhältnißmäßig laut ins Ohr schmettert, viel lauter als in der Luft in ähnlicher Nähe.

Strömt Luft aus einem Rohr und trifft sie auf einen festen Körper, so ist der Schall um so lauter, je näher der feste Körper namentlich seine Ränder der Rohrmündung; am lautesten ist der Schall, wenn mehrere Ränder eines Körpers, z. B. eines polygonalen Prisma's, dessen einzelne Flächen schmaler sind als der Durchmesser des Rohres, von dem Luftstrom getroffen werden. Ist die Röhre nicht gleichmäßig cylindrisch, sondern erweitert sie sich an einer oder mehreren Stellen, so ist der Schall dann am lautesten, wenn der Luftstrom vom engen Ende gegen das weite streicht. Wird das Lumen eines cylindrischen Rohres irgendwo in seinem Verlaufe durch Zusammendrücken seiner Wände verengert, so erscheint der Schall um so lauter, je näher die Verengung zum Ende der Röhre ist. Ist aber das Ende selbst verengert, so wird der Schall wieder schwächer. Erreicht die Verengung einen gewissen Grad, so wird der Schall dann wieder schwächer, und zwar ist die Grenze der Verengung um so weiter gesteckt, je näher dem Ende. Untersucht man den Schall im Innern der Röhre, indem man außen ein Hörrohr anlegt, wobei zu bemerken, daß die Mündung des Hörrohrs von der Röhrenwand ganz gedeckt sein muß, so ist das Verhältniß folgendes: Der Schallcharakter wird hauptsächlich durch den härtern rauhern Theil bestimmt, dieser ist im Allgemeinen viel lauter als von außen, und zwar wieder um so lauter, je näher dem Ende, je weiter das Rohr bis zu einer gewissen Grenze. Die Länge des Rohres ist ebenfalls von Einfluß. Bei gleichbleibender Spannung der ausströmenden Luft ist der Schall am lautesten bei Röhren von mittlerer Länge, circa 30 Cm., und wird sowohl bei längern als bei kürzern Stücken etwas schwächer, und zwar bei längern besonders der härtere, bei kürzern der weichere Theil, wodurch dann auch die Gesammthöhe beeinflußt wird. In der Nähe des Anfanges der Röhre ist durchwegs der weichere Theil des Schalles etwas lauter. Der Unterschied zwischen der Schall-Intensität vom Ende der Röhre bis

gegen dessen Anfang ist bei engen oder sehr langen (70 Cm.) Röhren viel kleiner als bei weiten oder mittellangen, und kann sich bei sehr engen (3''' Durchmesser) und sehr langen sogar umkehren. Zweigen sich von einem Rohr mehrere dünnere Röhren ab, so ist an jedem Zweigrohr der Schall beim Durchstreichen der Luft um so lauter, je näher dem Ende, niemals so laut als am Hauptrohr; an diesem selbst ist der Schall am lautesten, wenn alle Zweigröhren offen sind, wird um so schwächer, je mehrere derselben geschlossen werden, während an diesen letztern der Schall lauter wird, wenn die nicht eben behorchten Röhren am Ende geschlossen sind. Wird hingegen jene Röhre geschlossen, an der man horcht, während durch andere der Luftstrom durchstreicht, so wird der Gesamtschall ganz besonders durch den weichern tiefern Theil charakterisirt, so daß er wie in einen neu auftretenden von größerer Tiefe umgewandelt erscheint. Geht der Luftstrom von der Zweigröhre gegen die Hauptröhre, und horcht man an letzterer, während ihr Ende geschlossen ist, so ist der in ihr entstehende scheinbar neue Schall viel lauter, als der unter ähnlichen Verhältnissen in Zweigröhren entstehende. Aber auch wenn das weitere Rohr offen ist, indem der Strom vom engern her durch dasselbe geht, ist der Schall in demselben lauter, als in dem engern bei umgekehrter Stromrichtung. Nimmt die Röhrenwand an Dicke zu, so wird die Intensität des Schalles mit der Dicke immer schwächer; noch mehr ist dies der Fall, wenn die weiche biegsame Röhre steif und hart wird.

Wird die Röhrenwand dünner, so wird der Schall bei Kautschuk immer lauter, bei stark durchweicheten thierischen Membranen hingegen etwas schwächer.

Die Intensität der durch Kautschukröhren geleiteten menschlichen Stimme durch ein Hörrohr beobachtet, verhält sich wie folgt: Es ist im Allgemeinen in unmittelbarer Nähe der Eintrittsstelle des Schalles in das beborchte Rohr die ursprüngliche Stimme am lautesten, während der der Stimme ähnliche neugebildete Schall am offenen Ende der Röhre oder in dessen Nähe am lautesten ist; neben beiden sind an verschiedenen Punkten der Röhre noch mehr weniger deutlich einzelne Töne gesondert zu hören. Schließt man die Endmündung der Röhre, so wird neben dem der Stimme ähnlichen Schall meist ein lauter einfacher Ton gehört, der an den verschiedenen Punkten des Rohres bloß seine Stärke ändert. Die Intensität

aller dieser Schallarten hängt in erster Linie vom ursprünglichen Schall und der Art, wie er in die Röhre geleitet wird, ab; er ist nämlich am lautesten, wenn man bei offenem Munde das Rohrende lose zwischen den Zähnen hält und bei noch frischer Stimme irgend einen dauernd gehaltenen Ton hervorbringt, sowie die Stimme nach einiger Dauer matter wird, was nicht identisch ist mit weniger laut, so ist dieselbe auch in der Röhre viel schwächer. Von der Stärke derselben scheint es aber abzuhängen, ob einfache Töne sich aus der Klangmasse hervorheben oder nicht, was übrigens noch eingehender zu prüfen bleibt. Außerdem sind es aber noch folgende Momente, die die Intensität bedingen. Die Weite der Röhre in erster Linie, ihre Länge, die Dicke ihrer Wandung und die Stelle, an der das Hörrohr anliegt. Bei circa 3 Cm. weiten und circa 30 Cm. langen Röhren ist das Verhältniß wie folgt. Bei offener Mündung ist der der Stimme ähnliche neugebildete Schall sehr laut, die einfachen Töne sehr schwach; zwischen Anfang und Ende der Röhre ändert sich hauptsächlich die Höhe des neuen Schalles. Wird das Rohrende geschlossen, so werden die einfachen Töne lauter, der der Stimme ähnliche etwas schwächer und tiefer, jene am Mundstück des Rohres lauter, als an seinem Ende. Wird das Rohr bei gleicher Weite circa 70 Cm. lang, so werden im Allgemeinen der stimmähnliche Schall schwächer, die einfachen Töne lauter; man kann die einfachen Töne neben den andern bei offenem Ende der Röhre besser als bei geschlossenem unterscheiden. Wird die Röhre enger, etwa 0·9 Cm., bei gleicher (30 Cm.) Länge, so ändert sich bloß die Intensität des stimmähnlichen Schalles; dieser wird schwächer, so daß die einfachen Töne neben ihm, ohne daß sie lauter werden, besser hervortreten selbst bei offenem Rohrende. Neben diesem schwächern neugebildeten Schalle hört man auch die ursprüngliche Stimme besser durch. Wird die Röhre enger, circa 0·4—0·5 Cm., so werden auch die reinen Töne schwächer, der der Stimme ähnliche Schall ist an Anfang der Röhre viel intensiver als am Ende; das Schließen der Röhre hat für den Schall am Anfang weniger Einfluß als für den am Ende. Dabei treten die einfachen Töne auch hier lauter hervor als bei offenem Ende. Werden diese Röhren länger, so ist das Verhältniß ganz so wie bei den weitern, der stimmähnliche Schall wird schwächer, die reinen Töne bei offenem Ende besser zu unterscheiden als bei geschlossenem. Läßt man die Röhrenwand dicker werden,

indem man eine Röhre in eine andere hineinschiebt, so werden alle Schallarten in dem Grade schwächer, als die Wände dicker sind. Ist die Wand der innern Röhre dünner oder biegsamer, ist sie z. B. aus schwarzem Kautschuk, so wird der Schall in ihrem Innern, wenn man sie in eine zweite Röhre hineinsteckt, etwas lauter, aber nur dann, wenn das Hörrohr an die einfache Wand angelegt werden kann, wenn z. B. die dünnere Röhre um ein Stück aus der dickern herausragt. Nimmt man ganz weiche thierische membranöse Röhren etwa Darmstücke, und leitet den Schall der Stimme durch ein steifes Rohr an die Außenwand eines mäßig mit Luft gefüllten Stückes und horcht mit einem Hörrohr an einer andern Stelle der Röhre, so hört man (Skoda) ebenfalls die Stimme etwas verstärkt, und zwar in folgender Weise. Je weiter das Darmrohr bis zu einer gewissen Grenze, um so lauter die Stimme, je länger hingegen, um so schwächer, und zwar in letzterem Falle nur in einiger Entfernung von der Eintrittsstelle des Schalles, während in dessen Nähe bis auf einige etwa 5—6" der Schall sehr laut ist. Auch hier unterscheidet man übrigens einen der Stimme ähnlichen Schall, und reine einfache Töne, die aber nur unter bestimmten Bedingungen hervortreten, nämlich wenn das Darmstück einen höhern Grad von Spannung hat, wobei der stimmähnliche Schall viel schwächer wird. Taucht man ein schlaff gespanntes Darmstück unter Wasser, so ändert sich zunächst seine Spannung, so wie auch die Gleichmäßigkeit seines Lumens, so daß die Veränderung des Schalles, der im Allgemeinen wohl lauter wird, namentlich die einfachen Töne nicht auf seine wahren Ursachen zurückgeführt werden kann. Ist das untergetauchte Darmstück schon früher stark gespannt gewesen, so ist die Verstärkung der Stimme, namentlich der einfachen Töne, kaum merklich. An kurzen Darmstücken ist übrigens der Schall in der Luft meist lauter als unter Wasser, wo sich nur die Höhe ändert. Wird ein solches Darmstück mit einer zweiten Membran umwickelt, so wird der Schall im Innern um so lauter, je länger dasselbe ist, aber nur wenn das Hörrohr an die einfache Darmwand angelegt wird; wird es jedoch auf die überziehende Membran gesetzt, so wird der Schall nur dann etwas lauter, wenn diese Membran einfach, nicht zu dick ist, und wird in dem Grade schwächer, als die Membran dicker wird. Schon wenn die Darmmembran doppelt gelegt ist und sie die Dicke einer Dickdarmwand hat, wird der Schall schwächer. Viel

auffallender als die Intensität ändert sich in diesem Falle die Schallhöhe.

C. Von der Dauer des Schalles.

Hier ist selbstverständlich nur die Dauer eines durch einen einzelnen Stoß oder Zug erzeugten Schalles gemeint. Diese Dauer ist entweder objectiv meßbar oder nicht. Die objectiv nicht meßbare Dauer kann aber immerhin subjectiv als länger oder kürzer unterscheidbar sein. Es ergeben sich nun bezüglich der Dauer folgende Befunde:

Der erste Schall ist am längsten beim Holz, dann folgt Metall, zum Schlusse Stein; der zweite Schall ist wieder am längsten beim Holz, dann folgt Stein und dann Metall. Bei den einzelnen Stoffgruppen ergibt sich folgende absteigende Reihenfolge. Für den ersten Schall beim Holz: Kork, weiches Holz, hartes Holz; für den zweiten Schall umgekehrte Reihenfolge; für Stein: für den ersten Schall: Granit, Alabaster, Marmor, für den zweiten ist bei diesen drei Stoffen eine Differenz nicht erkennbar. Für Metalle: für den ersten Schall Blei, Messing, Eisen, für den zweiten umgekehrt. Bei ungleich dichten Stoffen, z. B. Holz und Metall ist auch wieder besonders der erste Schall wenigstens scheinbar verlängert, der zweite um so kürzer, je weicher einer der beiden besonders der minder dichte Körper ist.

Bei Platten ist die Abgrenzung beider Schallarten, besonders bei dünnen biegsamen, sehr schwierig. Es können nur beiläufige Angaben über ihre Dauer gemacht werden. Der erste Schall, wo er einfach ist, ist um so länger, je dicker und größer die Platte, der zweite je dünner und größer dieselbe. Bei dünnen Platten hat die Größe der Kugeln wenig Einfluß, bei dickern mehr, namentlich wird der erste Schall dadurch länger. Der zweite Schall ist selbst bei 3'' langen Platten schon länger, als bei Kugeln von 3'' Durchmesser. Werden die Holzplatten mit Metallkugeln gestossen, so wird besonders der erste Schall verlängert, und zwar um so mehr, je dicker die Platte. Die Dauer der Klänge stimmt mit ihrer Intensität überein und hängt von denselben Bedingungen ab, sowohl bei den Platten, als auch bei Stäben und Cylindern. Es hängt aber die Dauer der Klänge auch mit der Tonhöhe zusammen insofern, als im Allgemeinen die mittlerer Höhe länger dauern, als die tiefsten und höchsten. Die Dauer des

über einem Hohlraum entstehenden Reflexschalles hängt von der Größe des Gefäßes und dem Verhältnisse seiner Durchmesser zu dem der Mündung ab; je größer nämlich das Gefäß, je enger die Mündung bis zu einer gewissen Grenze, um so länger dauert auch der Schall. Außerdem hängt diese Dauer auch noch von den Stoffen, an denen der ursprüngliche Schall entsteht, ab. Man kann nämlich bei aufmerksamer Beobachtung sehr wohl bemerken, daß Stein und Metall einen kürzeren Reflexschall erzeugen als Holz. An lufthältigen membranösen Hohlräumen ist der Reflexschall um so länger, je größer die Hohlräume und je geringer die Spannung, der erste Schall hingegen um so länger, je größer die Spannung und der Hohlraum. Unter Wasser werden alle Klänge auffallend kürzer, selbst wenn sie zunächst in einem Luftraume entstehen, ob zwar sie innerhalb derselben dieselbe Dauer haben, wie in der äußern Luft. Wenn man z. B. eine Glocke in eine lufthältige Blase einbindet und sie unter Wasser tönen macht, so hört man sowohl von außen, als auch unter Wasser in einiger Entfernung ihren Klang sehr kurz; legt man aber das Ohr unmittelbar an die Blasenwand, so hört man den Glockenklang fast so lang, wie in der Luft. Gießt man in eine umgestürzte Glocke oder in ein Trinkglas Wasser und erzeugt Klänge an beiden, so sind diese ebenfalls viel kürzer, wenn auch nicht in dem Grade, als wenn sie ganz unter Wasser sind.

D. Von der Schallhöhe.

Man findet fast bei allen selbst den scheinbar einfachen Schallarten, wenn man sie sehr genau längere Zeit beobachtet, daß sie aus verschieden hohen Bestandtheilen zusammengesetzt sind, so daß man gewissermaßen mehrere Schalllagen von verschiedener Höhe unterscheiden kann, die bei minder sorgfältiger Beobachtung oder in einiger Entfernung eine einfache Resultirende liefern. Diese einfache Höhe ist aber auch von subjectiven Momenten abhängig, so daß man oft einen und denselben Schall in zwei verschiedenen Zeitmomenten von verschiedener Höhe zu finden glaubt, weil das eine Mal eine tiefere, das andere Mal eine höhere Schalllage die Aufmerksamkeit besonders angeregt hatte. Nur durch längere Übung kann dieser subjective Einfluß überwunden werden. Häufig bemerkt man auch, daß die verschieden hohen Schalllagen ungleich lange dauern,

daß namentlich die höchsten Lagen die tiefen wenn auch nur um kurze Zeit überdauern, so daß erstere die letztern bei minder concentrirter Aufmerksamkeit fast ganz decken. Diese höhern Lagen treten namentlich bei stärkerem Stoß immer deutlicher hervor, und zwar bei Metall und Stein viel leichter als bei Holz. Sie nähern sich eben wegen ihrer längern Dauer mehr weniger den reinen Klängen, stellen gewissermaßen Ansätze zu Klängen dar und mögen als Kl a n g a n s ä t z e bezeichnet werden. Aus dem Verhalten des Schalles unter Wasser ist zu entnehmen, daß die verschiedenen hohen Lagen dem zweiten Schall angehören. Ist die Differenz zwischen den tiefen und hohen Lagen bedeutend, so sondern sich beide schärfer und decken namentlich erstere den ersten Schall vollständig. Die resultirende Höhe wird nun selbstverständlich einmal mehr durch die tiefen, ein anderes Mal durch die höhern Lagen beherrscht. Bei Kugeln bildet sie folgende absteigende Reihe. Stein, Metall, Holz und bei jeder Stoffgruppe folgende; für Metalle: Eisen, Messing, Blei; für Steine: Marmor, Alabaster, Granit; für Holz: hartes, weiches Holz, Kork. Bei allen Stoffen nimmt die Schallhöhe mit der Größe der Kugeln ab. Bei Stoffen von ungleicher Dichtigkeit treten die tiefen Lagen des zweiten Schalles lauter hervor und wird auch der erste Schall etwas tiefer, und zwar um so tiefer, je größer die Differenz der Dichtigkeit beider Stoffe ist, also am tiefsten bei Holz und Metall, minder tief bei Stein und Metall. In all diesen Fällen kann bei verstärktem Stoß der Schall durch sehr hohe Lagen verstärkt werden, so daß letztere den Gesamteindruck beherrschen. Stößt man eine Eisen- und eine Holzkugel in unmittelbarer Nähe des Ohres gegen einander, so tritt der tiefe Schall mehr hervor, wenn Holz in der Nähe des Ohres; der höhere wieder mehr, wenn Eisen näher ist.

Nimmt man zwei Kugeln, an denen ein Segment abgetragen ist, so daß sie an einer Stelle eben sind, so ist zu unterscheiden, ob sie an den der Ebene gegenüberstehenden Punkten, oder eine von beiden im Mittelpunkte ihrer Ebenen gegen einanderstoßen. Im ersten Falle wird bloß die Schallhöhe abgeändert, nämlich um so höher, je mehr der Durchmesser verkürzt ist. Im zweiten Falle wird der Schall abermals höher und außerdem der erste Schall merklich kürzer, der zweite länger als bei vollkommenen Kugeln. Auch treten sehr hohe Lagen und eine merkliche Intensitätszunahme bei Verstärkung des Stoßes viel früher auf, als bei den vollkommenen Kugeln.

Wird eine 6'' lange, 3''' dicke Holzplatte mit einer Holzkugel mit mäßiger Kraft gestoßen, wenn die Platte nur mit zwei Fingern an den bereits angegebenen Punkten ihrer längern Ränder lose gehalten wird, so hört man den Schall mit einem Klang-Ansatze endend, der höher ist, als der übrige Schall und es fehlt der Klang-Ansatz nur in jener Querlinie der Platte, welche von dem Ende eben so weit entfernt ist, als die Unterstützungspunkte vom Anfang; in der Mitte der Hauptfläche ist der Schall am tiefsten; in der Nähe der Seitenränder, namentlich der längern, sind besonders die hohen Lagen lauter, so daß der Gesamteindruck höher wird, dies um so mehr, je näher man dem Rande entlang an die Ecken kommt. Geht man von der Mitte der Hauptfläche der Längsachse entlang gegen die kürzern Ränder, so wird der Schall wohl auch etwas höher, aber nicht in dem Grade, als wenn man den längern Rändern sich nähert, namentlich bleibt das Intervall zwischen tiefer und hoher Lage, welches in der Nähe der längern Ränder größer wird, hier unverändert. Bei stärkerem Stoß geht der Klangansatz in einen wirklichen kurzen Klang über, dessen Höhe überall gleich bleibt, dessen Stärke und Dauer gegen die Mitte der Platte zu — gegen die Ränder hin abnimmt. Stützt man die Platte an der Stoßstelle von der Rückseite, indem man etwa einen Finger daselbst andrückt, und hält sie an beliebigen Punkten, so ändert sich das Verhältniß des Schalles dahin, daß die hohen Lagen, mithin auch die Klangansätze und der Klang, wegfallen und nur bei sehr starkem Stoß noch schwach vernommen werden können. Es ist die resultierende Höhe in der Mitte der Hauptfläche am tiefsten; gegen die kurzen Ränder hin, in der Längsachse wird der Schall bei unverändertem Intervall höher, gegen die langen Ränder hin der Querachse entlang noch höher; am höchsten wird er gegen die Ecken hin, woselbst auch das Intervall am größten ist.

Wird die Platte dem ganzen kürzern Rande entlang fest gehalten, so wird namentlich das Intervall zwischen tiefen und hohen Lagen in der Weise verändert, daß es um so größer wird, je näher man an den freien Rand kömmt. Es werden nämlich die tiefen Lagen in dem Grade tiefer und länger, als man in der angegebenen Richtung weiter geht von der Unterstützungsstelle aus, die höhern in demselben Grade höher, namentlich mit sehr hohen kurzen Klangansätzen endend, welche auch hier wieder gegen die Ecken und langen Ränder hin noch höher werden. Alle diese Erscheinungen

treten bei stärkerem Stoß deutlicher hervor. Werden beide kurzen Ränder der Platte fest gehalten, so wird im Allgemeinen der Schall etwas tiefer als früher, namentlich fehlen die Klang-Ansätze; nur ist in diesem Falle der Gesamteindruck des Schalles in der Mitte der Platte am tiefsten, gegen beide befestigten Ränder hin etwas höher. Wird die Platte bei gleicher Dicke kleiner, so wird der Schall höher und kürzer, sonst ändert sich das Verhältniß nicht. Wird sie größer, etwa 12'' lang, so tritt, wie schon bekannt, bei der genannten Unterstützungsweise außer dem gewöhnlichen Schall ein deutlicher Klang auf, der oft so laut ist, daß er den zweiten Schall ganz maskirt; die Höhe des andern Schalles verhält sich übrigens wie früher, während der Klang überall gleich bleibt, höchstens seine Intensität in der bereits angegebenen Weise ändert. An jenen Stellen, wo der gewöhnliche Schall mit sehr hohen Lagen endet, können die höchsten derselben bei dieser Länge der Platte zu wirklichen Klängen werden, die zum Grundklang hinzutreten, und wenn letzterer schwächer wird, denselben fast ganz decken, so daß es bei minder aufmerksamer Beobachtung scheint, als wäre dieser Grundklang höher worden, was niemals geschieht. Solche Stellen der Platte sind namentlich in der Nähe der Ecken und ihren langen Rändern entlang zu finden. Wird die Platte bei 6'' Länge $\frac{1}{2}$ '' dick, so wird zunächst aller Schall höher, die Höhendifferenz zwischen Mitte und Ende kleiner, namentlich wenn ein kurzer Rand fest gehalten wird. Ein Klang erscheint hier nur bei sehr starkem Stoß, der aber auch nur sehr kurz ist; sonst gelten dieselben Angaben, wie bei den dünnern Platten. Wird die Platte bei gleicher Dicke 12'' lang, so wird aller Schall etwas tiefer als bei den 6'' langen, besonders die Klänge lauter und länger. Wird die Platte 1'' dick bei 6'' Länge, so wird der Schall abermals etwas höher als bei $\frac{1}{2}$ '' Dicke; der Klang bei der normalen Unterstützung fehlt ganz oder ist nur sehr kurz selbst bei starkem Stoß, hingegen sind viel lautere hohe Klangansätze, die bloß in der Mitte der Platte Klang ähnlich werden. Die verschiedenen Unterstützungsarten ändern hier den Schall viel weniger, wenn auch nach denselben Normen wie bei den dünnern. Beim Festhalten eines kurzen Randes ist nicht bloß der Höhenunterschied zwischen der Mitte und dem freien Rande geringer als bei $\frac{1}{2}$ '' Dicke, sondern es werden namentlich die hohen Lagen so laut und lang, daß sie die tiefern fast ganz decken und die Gesamthöhe überwiegend durch die hohen bestimmt wird, weshalb

dieselbe höher ausfällt als in der Mitte der Platte. Bei 12'' Länge und 1'' Dicke sind die Klänge wieder laut und deutlich, der Schall im Ganzen ebenfalls etwas tiefer als bei den 6zölligen, und namentlich bei festgehaltenen kurzem Rand das Verhältniß wieder so, wie bei allen andern mit Ausnahme der 6zölligen 1'' dicken; es ist nämlich am freien Rande der Gesamteindruck wieder tiefer als in der Mitte, weil die Klangansätze nicht so laut, lang und hoch sind, daß sie die tiefen Lagen decken könnten. Werden die Platten an ihren Randflächen gestoßen, so sind zu unterscheiden die kürzern von den längern. Bei 6'' langen und 1'' dicken Platten gibt die kurze Randfläche höhern Schall als an der Hauptfläche und zeigt namentlich bei stärkerem Stoß sehr hohe Lagen, welche die tiefern vollständig maskiren und bei der entsprechenden Unterstüßungsweise in einen Klangansatz übergehen, der gegen die Ecken hin lauter und höher wird. Bei sehr starkem Stoß jedoch treten auch in der Mitte der Randfläche Klangansätze hervor, die höher sind, als die gegen die Ecken hin. Wird die gegenüberstehende Randfläche festgehalten während des Stoßes, so fallen die hohen Lagen sammt dem Klangansatz weg. An der größern Randfläche ist im Allgemeinen der Gesamteindruck höher, als an der kürzern, bei starkem Stoße werden aber die tiefern Lagen auch etwas stärker, so daß der Gesamteindruck etwas tiefer ausfällt, als an der kurzen Randfläche. Übrigens wird auch hier gegen die Ecken hin der Schall höher. Bei starkem Stoße werden auch hier die hohen Lagen in der Mitte der Fläche lauter als gegen die Ecken hin. Wird die Platte dünner, so werden sämtliche Schalllagen tiefer. Bei 12'' langen 1'' dicken Platten ist das Verhältniß ganz gleich, nur daß hier der wirkliche Klang sehr laut wird und die andern Schallarten mehr weniger deckt; seine Höhe ist dieselbe, wie an der Hauptfläche; gegen die Ecken hin wird er allenthalben schwächer und durch hohe Klangansätze maskirt. In der Mitte der Flächen geschieht dies nur bei sehr starkem Stoß, sonst sind sämtliche Schallarten etwas tiefer als bei kürzern Platten. Werden die Platten dünner, so werden alle Schallarten wieder etwas tiefer.

Werden die Platten statt mit 2zölligen mit größern Kugeln gestossen, so ändert sich die Höhe des Schalles wenig, er wird nämlich etwas tiefer; die Differenz ist um so leichter zu bemerken, je dicker und größer die Platten sind. Bei kleinern Kugeln wird der Schall höher. Werden Metallkugeln zum Stoße benützt, so treten die tiefen

Lagen des Schalles viel stärker hervor als die höhern und sind selbst beim stärksten Stoß laut und deutlich hörbar, sonst ist auch hier dasselbe Verhältniß wie früher bezüglich der Klänge und Klangansätze. Kautschukugeln geben allenthalben einen tiefen und langen ersten Schall und nur einen sehr kurzen Nachhall als zweiten. Übrigens variirt die Höhe des Schalles in derselben Weise je nach der Unterstützungs- und Stoßstelle, wie früher. Namentlich fällt hier das Verhältniß der tiefen Schalllage deutlicher aus da, wo beim Holz dieselben schwach und durch hohe Lagen fast maskirt sind. Im Allgemeinen ist der Schall tiefer, als bei Holzkugeln. Deckt man die Holzkugel mit einer Kautschukschichte, so wird der Schall im Ganzen etwas tiefer; je stärker der Stoß, um so mehr erscheinen die mittlern und höhern Lagen und maskiren allmählig die tiefern, wobei der Schall im Ganzen doch tiefer bleibt.

Sind die Platten aus dichten Stoffen, Stein oder Metall, so werden im Allgemeinen namentlich die Klänge und Klangansätze viel lauter; der erste Schall ist selbst bei dünnen Platten von demselben Charakter wie bei Kugeln, jenes zweite Moment an demselben, welches bei Holzplatten unterschieden werden kann, fehlt hier ganz. Die Höhe sämtlicher Schallarten steht übrigens zu der Höhe der Schallarten bei Holzplatten in demselben Verhältniß, wie bei Kugeln. Klangansätze erscheinen an solchen Platten, die keine Klänge geben, beim Granit und Alabaster, während sie beim Marmor noch fehlen. Die Höhe der Klänge gleich großer Platten aus verschiedenen Stoffen verhält sich wie folgt: Marmor Klänge sind höher, länger als die vom Alabaster und letztere höher, kürzer als die vom Eisen, die Klangansätze sind da, wo keine Klänge bestehen, am höchsten beim Eisen, darauf folgt Granit, dann Alabaster, zum Schlusse Marmor. Zu bemerken ist noch, daß bei all diesen Stoffen der Unterschied des Schalles an der Hauptfläche und an den Randflächen nicht so groß ist, wie beim Holz. Werden Stein- oder Metallplatten mit Holzkugeln gestossen, so wird der Schall an der Hauptfläche derselben höher, als der zweier Holzkugeln ist, und zwar um so höher, je dünner die Platten, so daß der Schall sich jenem zweier Steinkugeln viel mehr nähert. Werden jedoch die Randflächen gestossen, oder werden die Platten so dick, daß ihr Durchmesser den der Kugel übertrifft, so wird der Schall in ähnlicher Weise tiefer, als der zweier Holzkugeln, als wie der Schall einer Holz- und einer Steinkugel. Bei all diesen

Platten wird der Schall, wenn man sie parallel einer reflectirenden Wand nähert in derselben Entfernung, in der er am intensivsten ist, auch am tiefsten, in allengrößern Entfernungen gleichmäßig höher, in kleinern um so höher, je näher der reflectirenden Wand. Bei den Glasscheiben ist der erste und zweite Schall gegenüber den Klängen sehr schwach, wenn man mit der Fingerspitze stößt. Stößt man mit Glaskugeln, so wird der gewöhnliche Schall neben dem Klang sehr laut, seine Höhe ganz analog der bei Holzplatten, wenn die Scheibe so gehalten wird, daß die Klänge entstehen, nämlich gegen die Mitte am tiefsten, gegen die Ränder hin höher. Das eigenthümliche des Schalles ist, daß man nur seine höchsten Lagen vernimmt, die tiefen nicht. Die Klänge entstehen überall, wo bei den Holzplatten Klänge und Klangansätze gehört werden, meist in größerer Anzahl; der Grundton ist am deutlichsten in $\frac{2}{3}$ der Entfernung des Centrum von den Ecken, näher gegen die Ecken hört man tiefe und hohe, näher zum Centrum meist nur mittlere und höhere Töne, und nur bei starkem Stoß auch den Grundton.

Bei Stäben ist im Allgemeinen die Art der Untersützung und des Stoßes zu beachten. Werden sie in der zum Klingen günstigen Weise gehalten, so sind bei längern Stäben Klänge und gewöhnlicher Schall zu unterscheiden; erstere sind sowohl bei longitudinalem als auch bei transversalem Stoß durchwegs tiefer bei dünnen und langen, als bei dicken und kurzen; letztere sind bei longitudinalem Stoß aus einer von der Länge abhängigen tiefen und aus einer höhern Lage, die um so höher wird, je dünner der Stab zusammengesetzt, bei stärkerem Stoß können die höhern Lagen in Klangansätze übergehen. Werden die Stäbe an einem Ende festgehalten, so fallen die Klänge weg und nur bei längern, namentlich bei Metallstäben, ersetzen die Klangansätze bei stärkerem Stoß die Klänge. Bei longitudinalem Stoß sind hohe und tiefe Lagen, deren Höhe hauptsächlich von der Länge der Stäbe abhängt, die tiefen Lagen prävaliren bei dünnern, die hohen bei dickern Stäben. Bei transversalem Stoß sondern sich hohe und tiefe Lagen um so deutlicher, je weiter von der Unterstützungsstelle, und zwar werden die hohen Lagen um so höher, je dünner der Stab und je weiter von der Unterstützungsstelle, die tiefen Lagen um so deutlicher, je dicker oder länger der Stab. Die Länge der Stäbe hat auf die hohen Lagen keinen Einfluß.

Bei thierischen Membranen, die über einen Reifen oder über die Mündung eines Cylinders gespannt sind, hört man, wenn sie mit irgend einem Stab gestoßen oder geschlagen werden, theils sehr tiefe Lagen, die nur sehr schwach sind, namentlich bei schwachem Stoß und nur bei concentrirter Aufmerksamkeit vernommen werden, theils auch höhere Lagen, die in der Mitte tiefer, an der Peripherie höher sind, während für die früher erwähnten tiefern Lagen das Umgekehrte gilt. Je größer der Durchmesser der Membran, um so tiefer alle Schallarten. Ist die Spannung der Membran nur gering, so ist der Grundschall wohl tiefer aber schwach; die ihn begleitenden höhern Lagen, namentlich bei stärkerem Stoß ziemlich hoch, so daß zwischen beiden ein großes Intervall besteht. Ist die Spannung hochgradig, so wird der Grundschall etwas höher, die ihn begleitenden höhern Lagen etwas tiefer, so daß der Gesamteindruck leicht für tiefer gehalten werden kann. Auch die Klänge sind am deutlichsten und längsten in der Nähe der Peripherie; daselbst hört man sehr hohe und sehr tiefe Lagen neben einander, in der Mitte der Membran sind bloß Klänge mittlerer Höhe laut, während die tiefern und höhern gar nicht oder nur sehr schwach gehört werden. Dieses gilt für einen gewissen mittlern Normalgrad der Spannung. Läßt diese nach, so schwinden die höhern Klänge ganz, die tiefern werden schwach; nimmt hingegen die Spannung zu oder beginnt die Membran zu trocknen, so schwinden die tiefern Töne, die höhern bleiben wohl laut, werden aber kürzer. Alle diese Schallarten werden bei Cylindern, wenn ihre untere Öffnung offen ist, wesentlich verstärkt, was man nur bei wiederholter Vergleichung des Schalles bei offenem und geschlossenem Cylinderende deutlich erkennen kann. Wird der Cylinderdurchmesser kleiner, so werden alle Schallarten, wie schon angedeutet, höher aber auch kürzer.

Die Schallhöhe fester Stoffe unter Wasser verhält sich wie folgt: Der zweite Schall fällt bekanntlich allenthalben weg und wird durch einen neuen von der Gefäßwand herrührenden ersetzt. Am ersten Schall entfallen demnach die ihn in der Luft deckenden tiefen Lagen, während die ihm eigenthümlichen höhern lauter werden, falls die Tiefe der Wassersäule 4'' — 6'' nicht übersteigt. Die Eindrücke des Schalles unter Wasser im Vergleich zu dem Gesamteindruck in der Luft wird sonach davon abhängen, ob der Gesamteindruck in der Luft überwiegend durch die tiefern oder durch die höhern be-

stimmt wird. Im ersten Falle erscheint nämlich der Schall unter Wasser höher, im zweiten etwas tiefer, als der in der Luft. Da wo Klänge oder Klangansätze den Gesamteindruck in der Luft beherrschen, die dann unter Wasser wegfallen, wird der Schall ebenfalls tiefer. Bei stärkerem Stoße treten auch unter Wasser die hohen Lagen sehr deutlich hervor. Ist nur einer der schallenden Körper unter Wasser, der andere außerhalb, so erklären sich alle Erscheinungen ebenfalls aus dem angeführten allgemeinen Gesetz. Ist von zwei Holzkugeln eine unter Wasser, so wird der zweite Schall nur von einer Kugel herrühren, mithin kürzer und schwächer sein, der erste hingegen durch den tiefen Schall der Gefäßwand verstärkt, der Gesamteindruck mithin tiefer. Ist eine Kugel Metall oder Stein, die andere Holz und taucht die dichtere unter Wasser, so entfällt auch hier die tiefere Lage des Schalles, die in der Luft so laut ist, weil sie dem dichtern Stoff angehört, außerdem wird der Gefäßschall schwach, und es erscheint der Gesamteindruck etwas höher. Ist die Holzkugel unter Wasser, so wird der Schall der Gefäßwand auffallend stark, der Gesamteindruck wird mithin durch den Schall der Gefäßwand bestimmt, so daß er etwas tiefer erscheint. Ähnliche Resultate geben auch Platten unter Wasser. Werden Glasscheiben oder Glocken unter Wasser tönend gemacht, so werden ihre Klänge viel kürzer und tiefer; werden gewöhnliche Wassergefäße aus Glas mit Wasser gefüllt und dann durch Anstoßen an dieselben ein Klang erzeugt, so ist dieser ebenfalls tiefer und etwas kürzer, als wenn das Gefäß leer ist, aber nicht um so vieles tiefer, als wenn das Gefäß ganz unter Wasser ist. Bei einem ganz gewöhnlichen Trinkglas beträgt die Differenz der Höhe, wenn es bloß gefüllt ist mit Wasser, etwa eine Quinte, während sie, wenn es unter Wasser ist, fast ganz zwei Octaven beträgt im Verhältniß zu der Höhe des ganz leeren Gefäßes. Ist ein solches Glas nur zur Hälfte mit Wasser gefüllt, so entsteht gar kein Klang.

Wird Schall dadurch erzeugt, daß eine Scheibe oder sonstige feste Körper in der Luft rasch bewegt werden, so verhält sich die Höhe insofern analog dem Schalle fester Körper, als auch hier bei sorgfältiger Beobachtung an ein und demselben Schalle verschiedene Höhen unterschieden werden können; am deutlichsten tritt dies bei rasch geschwungenen Stäben hervor. Die höchsten Schalllagen können

auch hier allmählig an Intensität derart zunehmen, daß sie die tiefen ganz decken und als Töne oder Klänge vernommen werden. Die Gesamthöhe der hier gehörigen Schallarten hängt von der Größe der festen Körper ab; je größer diese, um so tiefer jene, die Zahl und Mächtigkeit der hohen Lagen hingegen von der Geschwindigkeit der Bewegung. Da aber diese hohen Lagen die tiefen an Intensität übertreffen, mithin den Gesamteindruck beherrschen können, so ist die Gesamthöhe auch von der Geschwindigkeit der Bewegung abhängig. Der Schall, der beim Durchströmen von Gas oder Luft durch Röhren entsteht, ist ebenfalls um so tiefer, je weiter und länger die Röhren, hat um so mehr und um so stärkere hohe Lagen, je größer die Stromgeschwindigkeit. Bei konischen Röhren ist der Schall etwas tiefer aber auch lauter, wenn der Strom gegen die weite Mündung streicht, weil die hohen Lagen desselben sehr schwach sind im Vergleich zu den tiefsten und mittlern; hingegen sind die hohen Lagen überwiegend, die tiefen und mittlern sehr schwach, wenn die Stromrichtung umgekehrt ist. Sind Verengerungen an der Röhre, so sind die hohen Schalllagen um so lauter, je näher die Verengung dem Ende der Röhre. Trifft der Luftstrom nach seinem Austritt aus der cylindrischen Röhre auf feste Körper, so wird der ursprüngliche Schall durch neuen verstärkt, der ebenfalls um so tiefer ist, je größer die Fläche, die der Luftstrom trifft und der um so höhere Schalllagen hat, je mehr Kanten der Luftstrom trifft; der Gesamteindruck des Schalles hängt nun davon ab, welcher von beiden Factoren intensiver ist. Ist der neue Schall von einer einfachen Ebene herrührend, so wird der ursprüngliche Schall höchstens durch einen etwas tiefern verstärkt; ist aber der entgegenstehende Körper kantig, so treten sehr hohe Schalllagen zu dem ursprünglichen, so daß dessen Gesamteindruck etwas höher wird. Beobachtet man den Schall im Innern der Röhre durch ein Hörrohr, so ist die Höhe verschieden, je nachdem durch den behorchten Theil der Luftstrom geht oder je nachdem der Schall des Luftstromes, der anderswo entsteht, sich bloß an die behorchte Stelle hin fortpflanzt. Geht der Luftstrom durch die behorchte Stelle, so hängt die Tiefe des Schalles von der Länge der Röhre, die Zahl und die Höhe der höhern Lagen desselben theils von der Weite der Röhre, theils von der Stelle, an der gehorcht wird, ab. Es treten nämlich bei längern (60 Cm.) Röhren in der Nähe der Öffnung der Röhre immer die lautesten höhern Lagen auf, so daß bei großer Stromgeschwindig-

keit, mithin großer Intensität dieser hohen Lagen der Gesamteindruck des Schalles an der offenen Mündung ein höherer ist, als näher der Eintrittsstelle des Stromes, wo der weichere tiefere Theil überwiegt und auch lauter ist; bei kürzern Röhren ist diese Höhendifferenz kleiner, schließlic verschwindend (bei circa 30 Cm.). Außerdem ändert sich die Höhe der hohen Lagen, d. i. des harten Theiles mit der Weite der Röhre, sie werden nämlich um so tiefer, je weiter die Röhre, sie nähern sich mithin um so mehr dem weichen Grundschall und verstärken ihn auch um so mehr, während bei engen Röhren bei gleichbleibendem Grundschall die hohen Lagen immer höher werden, so daß der Gesamteindruck des Schalles bei dünnen Röhren ein etwas höherer ist, als bei dickeren. Geht kein Luftstrom durch die behorchte Stelle, so erscheint der fortgepflanzte Schall überall tiefer, als bei offener Mündung; übrigens hängt er abgesehen von dem ursprünglichen Schall auch noch von der Länge, Weite des bezüglichen Rohrstückes und von der Stelle, wo das Hörrohr anliegt, ab. In unmittelbarer Nähe der Eintrittsstelle hat der Schall stärkere Höhenlagen als in der Entfernung, er ist mithin dort etwas höher als hier. Bei Rohrstücken von über 30 Cm. Länge ist der weiche Grundschall in der Nähe der Eintrittsstelle minder laut, aber der harte Theil tiefer und laut, die Gesamthöhe von diesem abhängig; bei mittlerer Länge von über 15 Cm. ist der harte Theil höher und ebenfalls den Gesamteindruck beherrschend, weil der weiche noch schwächer ist als früher; bei ganz kurzen circa 10 Cm. langen Röhren ist der weichere Theil des Schalles sehr laut, der harte nur schwach, so daß ersterer den Gesamteindruck beherrscht. Dieser ist demnach bei ganz kurzen Röhren am tiefsten, bei mittlern am höchsten und bei den längern von mittlerer Tiefe. Wird das Rohr noch länger als 30 Cm., so wird wieder der weiche Theil des Schalles allmählig lauter, bis er bei Rohrstücken von circa 55 Cm. Länge wieder fast so laut wird, als wie bei den kürzesten. Bei noch längern nimmt er jedoch wieder an Intensität ab; die Weite des Rohrstückes hat auf den fortgepflanzten Schall denselben Einfluß wie auf den ursprünglichen.

Die Höhe des Schalles, der in einem lufthältigen Gefäße entsteht, wenn an seiner Mündung feste Körper schallen, hängt von der Größe der reflectirenden Fläche im Verhältniß zum ganzen Luftvolum und von der Entfernung des schallenden Körpers ab; in unmittelbarer Nähe der Mündung oder innerhalb derselben erzeugt er den

tiefsten Reflexschall. Je weiter der schallende Körper von der Mündung in gerader Linie in der Achse des Luftraumes entfernt, um so höher wird der Schall, wobei er aber allerdings auch schwächer wird. Der Gesamteindruck aller Schallarten, die bei dieser Gelegenheit gehört werden, hängt selbstverständlich davon ab, ob der ursprüngliche oder der neue lauter ist; im ersten Falle wird der ursprüngliche bloß durch höhere oder tiefere Lagen verstärkt, im letztern hingegen ganz und gar die Höhe des neuen maßgebend sein.

Wird an einer mit Luft gefüllten Thierblase mittelst einer auf die Membran gelegten Elfenbeinplatte Schall erzeugt, indem man mit weichen Körpern auf dieselbe stößt, so hat man folgende Höhen-Verhältnisse. Der Gesamteindruck des Schalles ist um so höher, je kleiner die Blase, je größer ihre Spannung und je weniger tief die Platte in die Blase hineingedrückt ist. Legt man zwischen Elfenbeinplatte und Blase Kautschukschichten, so wird der Gesamteindruck viel tiefer.

Leitet man den Schall einer Menschenstimme durch Röhren, so sind namentlich die dabei entstehenden einfachen Töne um so tiefer, je weiter die Röhre. Der der Stimme ähnliche Schall hat bei weitem Röhren eine größere Anzahl höherer Lagen als bei engern, ebenso bei kürzern Röhren im Vergleich zu längern. Es erscheint deshalb auch derselbe schwächer und dem Gesamteindruck nach tiefer bei engern und längern Röhren, eben so sämtliche Schallarten tiefer, wenn die Röhrenmündung geschlossen ist.

E. Von der Schallfarbe.

Dieser Schallearakter ist, wenn der Schall als Objectmerkmal betrachtet wird, von größter Wichtigkeit unter allen Schallearakteren; er umfaßt vorläufig noch mehrere Arten von Verschiedenheiten, die sich unter den vier bisher behandelten Begriffen nicht subsumiren lassen. Eine wissenschaftliche brauchbare Terminologie der Schallfarben kann allerdings nur auf Grundlage: 1. einer exacten naturgeschichtlichen Beobachtung des Schalles als subjectiver Empfindung; und 2. der physikalischen Vorgänge, die ihnen zu Grunde liegen, eingeführt werden. Da jedoch von den Schallfarben zu Grunde liegenden physikalischen Vorgängen fast noch gar nichts bekannt

ist, so muß einstweilen die Terminologie hauptsächlich auf die rein naturgeschichtliche Beobachtung der subjectiven Empfindung sich stützen.

Bei dieser Beobachtung ergibt sich die erste und radicalste Scheidung aller Schallphänomene aus folgendem. Vergleicht man den Charakter von allerlei Luftgeräuschen mit dem von Lufttönen, so findet man, daß letztere meistens gewissermaßen sprungweise aus erstern hervorgehen, aber nicht durch einfache Intensitäts-Steigerung der Geräusche, da diese oft viel intensiver sein können, als die Töne, auch nicht durch Höhenwechsel, da beide möglicherweise gleiche Höhe haben können; eben so wenig durch Unterschiede in der Dauer, Zusammensetzung oder der Regelmäßigkeit, da Luftgeräusche eben so gleichmäßig und regelmäßig sein können wie Töne; sondern es bilden Lufttöne gegenüber von Geräuschen, durch die sie angeregt werden, eine ganz selbstständige Schallspecies, neben der letztere unverändert fortbestehen, die somit gar nicht vergleichbar sind mit einander. Es verhält sich mit ihnen beiläufig wie mit den Lichtstrahlen, die in warmen Körpern entsehen; auch hier kann man nicht sagen, daß Wärmeschwingungen durch Intensitätszunahme in rothleuchtende, diese wieder in gelbe und weiße Lichtstrahlen übergehen, sondern es entstehen die Lichtstrahlen durch aber nicht aus den Wärmestrahlen, letztere bestehen neben den erstern fort. Wenn mitunter ein allmäliger Übergang der einen Schallart in die andere zu bestehen scheint, so ist er nur dadurch bedingt, daß von dem neuen Schall, nämlich dem Tone, nur schwache Spuren sich bilden, neben dem der ursprüngliche gehört wird, und daß diese schwachen Spuren an Intensität zunehmen, bis sie schließlich den ursprünglichen Schall ganz maskiren.

So wie bei der Luft ist auch bei festen Körpern ein allmäliger Übergang ähnlicher Schallfarben in einander zu constatiren. Nimmt man von Körpern, die durch Temperatureinfluß ihre Consistenz leicht ändern, weicher und härter werden, z. B. Hartkautschuk oder Pech, eine Reihe von verschiedenen Härtegraden, oder stellt man sich eine solche Härtescala aus verschiedenen Stoffen zusammen, z. B. aus weichem Kautschuk, stark durchfeuchtetem Kork und weichem Holz, von beiden in ganz trockenem Zustande, hartem Holz, Elfenbein etc.; und schließlich eine ähnliche Scala aus verschieden stark gespannten feuchten thierischen Membranen, Bändern und Fäden, so findet man

bei all diesen Stoffen, wenn sie schallend gemacht werden, den allmöglichen Übergang zweier in derselben Weise von einander verschiedener Schallfarben, wie Lufttöne und Geräusche es sind, angedeutet, und zwar bei den weichsten den Geräusch- bei den härtesten den Tonähnlichen Schall. Da man nun den Geräusch ähnlichen Schall nicht als aus einer bloßen Unregelmäßigkeit des Ton ähnlichen ableiten kann, so müssen beide als selbstständige Schallfarben bezeichnet werden, für die sich die Ausdrücke hell und matt empfehlen. Der helle Schall erreicht wohl im Allgemeinen höhere Intensitätsgrade und pflanzt sich auf größere Entfernungen fort, aber dieses Moment ist nicht das spezifisch Verschiedene an beiden.

Zwischen den beiden Extremen des matt und hell besteht selbstverständlich eine ganze Scala von allmöglichen Übergängen, die ganz besonders durch Mischung beider Schallfarben in verschiedenen Verhältnissen entstehen. Man findet aber beim Übergang sowohl des klopfenden als auch des continuirlichen matten Schalles in den hellen, Schallfarben, die wesentlich verschieden sind von beiden, so z. B. wenn man Kautschukugeln mit harten Stoffen oder weiche durchnäßte Holzkugeln mit einander oder auch mit dichtern Stoffen stößt, eben so wenn man nur mäßig gespannte Membrane oder mäßig gespannte lufthältige Blasen mit etwas dickerer steiferer Wand schallend macht; wenn man in kugligen Hohlräumen von größern Dimensionen und kleinen Öffnungen (großen Lampenkugeln) einen Reflexschall erregt; bei continuirlichem Schall sind ähnliche Übergangsstufen zu finden, die mit den Ausdrücken hell und matt nicht hinreichend genau charakterisirt werden können. Es scheint zweckmäßig diese Übergangsstufen zu einer eigenen Schallfarbenspecies zusammenzufassen, zu deren Bezeichnung sich am besten die Ausdrücke weich und hart empfehlen, die in Verbindung mit der Bezeichnung matt und hell allen hieher gehörigen Schallcharakteren genügen können. Es müßte nämlich sowohl der matte als auch der helle Schall in einen weichen und harten gesondert werden, so daß matt und weich beiläufig der Schall zweier weicher Kautschukugeln, der durch engere Röhren oder wenn durch weitere, so nur mit geringer Geschwindigkeit strömenden Luft hieße; matt und hart hingegen etwa der Schall von zwei Bleikugeln, von zwei durch Kautschuklagen getrennten Stein- und Metallkugeln, ferner der innere Schall von durch beliebige Röhren mit großer Geschwindig-

keit strömenden Luft (rauh, scharf, synonyma) etc., hell und weich (synonym dumpf) hingegen hieße der Schall von Kork, durchnästen Holzkugeln, von Holz- und Metalkugeln, von nur mäßig gespannten Membranen und lufthältigen Blasen, der Reflexschall in großen kugligen Hohlräumen mit kleiner Öffnung, der Ton von Flöten, hölzernen dünnwandigen gedeckten Orgelpfeifen; hell und hart schließlich der Schall aller Hartholz-, Stein-, Metallkugeln, der Klang der meisten Saiten- und Blechblase-Instrumente etc.

Eine weitere Scheidung der Schallphänomene ergibt sich aus folgenden Thatsachen:

Wenn man den Schall zweier harter Körper in unmittelbarer Nähe genau beachtet, so bemerkt man schon zwischen dem ersten und zweiten Schall eine wesentliche Verschiedenheit. Der erste ist nämlich kurz, bezüglich seiner Intensität gleichmäßig, beginnt und endet wie scharf abgehackt; der zweite hingegen ändert constant seine Intensität, wird sehr schnell aber doch nur allmählig schwächer und verhält mehr weniger langsam. Aus dieser Eigenthümlichkeit beider Schallarten scheint eine ganz besondere Verschiedenheit der psychischen Wahrnehmungsweise für beide zu resultiren. Wir beziehen nämlich den ersten Schall jedesmal auf eine bestimmte Fläche des schallenden Körpers, auf einen mehr oder weniger großen Fleck an dieser Fläche. Allerdings ist das Raummaß hier lange nicht so entwickelt, wie bei den eigentlichen, Raumesanschauung vermittelnden Sinnesorganen, und wird deßhalb das Localisiren des ersten Schalles nicht so ohneweiters zum Bewußtsein gebracht, sondern es muß erst die Aufmerksamkeit speciell darauf gerichtet sein, und muß zu wiederholten Malen der Wahrnehmungsact nach dieser Richtung geprüft werden, aber wenn dies geschehen ist, wird sich die Thatsache des Localisirens wohl Niemandem entziehen. Beim zweiten Schall fester Körper findet dieses Localisiren auf einen bestimmten Theil der Fläche durchaus nicht statt, wir versetzen wohl auch den zweiten Schall in der Regel in eine mehr weniger genau bestimmte Entfernung vom Ohr, nicht aber an eine bestimmte Stelle der Oberfläche des betreffenden Körpers, sondern es ist im Gegentheil meist die ganze Oberfläche auf die wir ihn beziehen. Ist der schallende Körper in größerer Entfernung vom Ohre, so ist der erste Schall als solcher nicht mehr isolirt wahrnehmbar, er wird durch den zweiten ganz gedeckt, aber jene Eigenthümlichkeit seiner Wahrneh-

mungsart bleibt erhalten, so daß wir auch noch in einiger Entfernung den Gesamtschall nicht bloß auf die ganze Körperoberfläche, sondern auch noch auf einen bestimmten Punkt seiner Oberfläche beziehen und hierin ist namentlich die Eigenthümlichkeit des klopfenden Schalles zu suchen. Nur bei sehr großen Entfernungen verliert der klopfende Schall diese Eigenthümlichkeit, damit aber auch zugleich seine Intensität. So wie beim klopfenden, geschieht es aber auch beim continuirlichen Schall, sowohl dem matten Luftgeräusch als auch dem hellen Schall, der Beispielsweise durch einen gleichmäßigen starken Wasserstrahl, der auf feste oder auch flüssige Massen fällt, erzeugt wird, oder dadurch, daß kleine Körper in Masse (etwa Schotter) in gleichmäßiger Weise anhaltend von einer bestimmten Höhe auf den Boden fallen. In beiden Fällen erscheint der Schall in nicht zu großer Nähe gleichmäßig hell, aber auf eine Fläche localisirt, hingegen erscheint bei Luftgeräuschen im Freien oder im Innern von Röhren der weichere tiefere Theil nicht auf eine Fläche localisirt, sondern nur der harte oder rauhe Theil. Ebenso erscheinen alle musikalischen Lufttöne, die Klänge der meisten musikalischen Instrumente nicht auf die Oberfläche localisirt, sondern werden auf die ganze Masse der betreffenden Körper bezogen, was z. B. bei Violinen, Clavieren schon daran zu erkennen ist, daß bei erstern das kratzende Geräusch, bei letztern der klopfende Hammerschall, wenn die Instrumente schlecht sind, im Punkte des Localisirens auffällig von den reinen Klängen sich unterscheiden. Es bietet mithin das Localisiren des Schalles vom naturgeschichtlichen Standpunkte ein hinreichend bestimmtes Princip zum Unterscheiden einer specifischen Schallfarbe, deren Extreme als localisirter und diffuser oder nicht localisirter Schall oder auch als Flächenschall und Massenschall bezeichnet werden können.

Daß auch zwischen localisirtem und nicht localisirtem Schall durch Mischung allerlei Zwischenglieder entstehen können, bedarf kaum noch einer besondern Erwähnung; eine eigene Bezeichnung für solche Übergangsstufen aufzustellen, ist jedoch überflüssig.

Aus allerlei Thatsachen ergibt sich aber noch ein viertes Princip für die Sonderung der Schallfarben. Es ist nämlich sowohl beim localisirten als auch nicht localisirten Schall die Farbe je nach der Größe einerseits der Fläche, andererseits des ganzen Körpers mehr weniger verschieden. Es genügt, bloß auf musikalische Klänge hinzuweisen;

wenn man z. B. irgend einen tiefern Ton einer Violine mit ganz demselben Ton einer Baßgeige, bei der er natürlich zu den hohen gehört, vergleicht, oder in ähnlicher Weise einen tiefern Ton des Piccolo mit demselben der Flöte, oder letztere mit einem gleichen Orgelton u. s. w., so wird man überall die Schallfarbe anders finden. Für den nicht musikalischen Schall bedarf es wohl gar keiner Beispiele, um die Verschiedenheit hervorzuheben; ebenso wenig bedarf es einer weitern Auseinandersetzung, daß diese Verschiedenheiten sich unter die bereits besprochenen Begriffe nicht subsumiren lassen. Die Ausdrücke groß und klein entsprechen so vollständig dem hier zu bezeichnenden Begriff, daß sie wohl beibehalten werden können als Benennung einer specifischen alle diese Verschiedenheiten in sich fassenden Schallfarbe.

Endlich ergibt sich ein fünftes Eintheilungsprincip der Schallfarben aus folgenden Thatsachen. Wenn man den Klang sehr guter musikalischer Instrumente, etwa Violinen, Claviere etc. mit dem Klange minder guter vergleicht, so bemerkt man leicht einen Unterschied, der mit keinem der bisher angeführten Ausdrücke erschöpfend bezeichnet werden kann; denselben oder doch einen ähnlichen Unterschied findet man auch zwischen der sogenannten Brust- und Kopfstimme beim Menschen, zwischen der menschlichen Stimme überhaupt und den Klängen der Mehrzahl aller musikalischen Instrumente. Ähnliche Thatsachen trifft man wohl auch beim nicht musikalischen hellen Schall; so z. B. ist der zweite Schall von Eisenkugeln, selbst wenn er dieselbe Höhe hat wie der von Holzkugeln, was bei bestimmten Differenzen in der Größe sehr wohl möglich ist, doch verschieden von dem zweiten Schall dieser letztern; noch deutlicher sind solche Differenzen, wenn der Schall von Platten aus verschiedenen Stoffen bei gleicher Höhe und Intensität verglichen wird, etwa der Schall der schmalen Randflächen dickerer Holzplatten mit einem gleich hohen der Hauptfläche von dünnern Steinplatten etc. In allen diesen Fällen könnte man wohl die Differenz, immerhin mit Hilfe der Ausdrücke hart und weich, groß und klein, aber nicht mit hinreichender Genauigkeit bezeichnen, so daß es vom naturhistorischen Standpunkt nicht unzweckmäßig erscheint, diese Verschiedenheiten zu einer eigenen Schallfarbenspecies mit der Bezeichnung voll und leer zusammenzufassen; es wäre demnach der Klang guter Instrumente, der menschlichen Stimme, besonders der Bruststimme, der

zweite Schall von Stein- und Matallkugeln etc. voll; hingegen der Klang minder guter Instrumente, der zweite Schall von Holzkugeln etc. leer. Varietäten der Schallfarben voll wären dann gewissermaßen die Vocale, deren Analyse nach Helmholtz am vollständigsten ausgeführt ist.

An die bisher angeführten Schallfarben lassen sich noch gewisse Eigenthümlichkeiten, die aus einer bestimmten Combination der Dauer, Intensität und Höhe namentlich klopfender Schallarten hervorgehen, anreihen, wobei nur zu bemerken ist, daß diese Eigenthümlichkeiten nicht als Schallfarben in dem frühern Sinne betrachtet werden können. Es kann nämlich beim klopfenden Schall die Intensität desselben während seiner ganzen Dauer vollkommen gleich bleiben, oder in rascher Abnahme allmählig erlöschen. Im erstern Falle wird der Schall wie abgehackt erscheinen, was namentlich überall vom ersten Schall gilt. Für diese Schalleigenthümlichkeit würde sich wohl am besten die Bezeichnung dumpf oder gedämpft empfehlen. Der zweite Fall, daß nämlich die Schallintensität nicht plötzlich, sondern unter einer wenn auch höchst kurzen, doch deutlich bemerkbaren successiven Abnahme erlischt, kömmt bei jedem zweiten Schall und den sogenannten Reflexschallarten von Luft-räumen vor; für diese Eigenthümlichkeit würde sich die Bezeichnung hallend oder verhallend empfehlen, falls die Dauer des Schalles eine sehr kurze ist; ist die Dauer eine etwas längere, so muß ohnehin die Bezeichnung tönend für denselben gebraucht werden. Bei dem zweiten und den Reflexschallarten kann aber auch die Schallhöhe während der Dauer des Schalles wechseln, die ursprüngliche Höhe, wenn auch sehr rasch, aber doch merklich allmählig in immer höhere Lagen übergehen, um in der höchsten Lage (als Klangansatz) zu erlöschen, während ein anderes Mal die Höhe unverändert bleibt bis zum Erlöschen. Es würde sich somit für den in wechselnder Höhe verhallenden Schall die Bezeichnung klingend empfehlen, so daß im Allgemeinen der Schall entweder dumpf, d. h. abgehackt, oder im Gegensatz dazu hallend und klingend oder auch verhallend und verklingend sein kann, selbst wenn er nicht tönend ist.

Schließlich ist noch zu constatiren, daß die Grundarten der Schallfarben in der mannigfachsten Weise unter einander in Combination treten, und die combinirten Schallfarben mehr weniger innig

mit einander verschmelzen können, woraus dann eine Reihe von Combinationenfarben sich ergeben, für die einige Beispiele angeführt werden mögen. Sowohl beim klopfenden, als auch beim continuirlichen Schall combiniren sich mitunter matte mit hellen Lagen. Dies merkt man, wenn dichte Stoffe, etwa Metalle, mit dünnen, etwa Holz, zusammenstoßen, wenn ein sehr starker Luftstrom an der Mündung eines weiten Luſtraumes vorbeistreichet. Aus dieser Combination gehen wohl die schon erwähnten Übergangsstufen vom matten zum hellen hervor, aber nur wenn beide in Combination tretende Farben innig mit einander verschmolzen sind, und sich durch das Gehör nicht auflösen lassen. Bei der hier in Rede stehenden Combination ist jedoch die Verschmelzung keineswegs eine innige, so daß selbst das freie Ohr bei einiger Aufmerksamkeit beide Farben von einander zu sondern im Stande ist. Ebenso combinirt sich häufig der localisirte mit nicht localisirtem, so bei allen harten Kugeln der erste und zweite Schall; bei manchen musikalischen Instrumenten, den Posaunen und Trompeten unterscheidet man einen großen auf eine Fläche bezogenen Schall neben einem nicht localisirten. Ebenso treten der große und kleine Schall, der volle und leere, mitunter in Combination. Hiefür scheint der näselnde Charakter der menschlichen Stimme, wenn man den Schall bei vorne geschlossener Nase in die Nasenhöhle leitet, ebenso die Farbe der mit Zungenpfeifen versehenen Instrumente Oboë, Clarinette, Fagott zu sprechen. Bei sehr sorgfältiger Beobachtung der menschlichen näselnden Stimme scheint es nämlich, daß der kleine volle Schall des ober der Stimmritze gelegenen Kehlkopfraumes mit dem großen leeren (oder dumpfen) der Nasenhöhle nur theilweise verschmolzen, den näselnden Charakter bedingen, ebenso verschmilzt bei den Zungenpfeifen ein kleiner voller Schall, der von der Zunge und der sie zunächst umgebenden Luft herrührt, nur theilweise mit dem großen, leeren (dumpfen), der in der ganzen Luftsäule des Rohres durch Resonanz entsteht. Beim klopfenden Schall ist etwas ähnliches zu bemerken; wenn man eine große, Klänge gebende Platte in der Nähe ihrer langen Ränder stößt, bekommt der Schall einen näselnden Charakter, weil dabei ein großer leerer tiefer Schall mit kleinen vollen höhern in Combination tritt.

Was nun die Schallfarben der bisher untersuchten Stoffe und Formen anbelangt, so ist Folgendes zu constatiren:

Kugelige Körper unterscheiden sich bezüglich der Schallfarbe in erster Linie nach dem Stoffe, in zweiter nach der Größe. Der erste Schall ist allenthalben zu kurz, um seine Farbe genau beurtheilen zu können, da die Wahrnehmung des lautern und längern zweiten Schalles die Beurtheilung der Farbe des ersten unmöglich macht. Man kann nur ganz im Allgemeinen constatiren, daß die Helligkeit oder vielmehr die Härte des Schalles nach der ohnehin bekannten Härte der Stoffe variirt und daß er ausnahmslos mehr oder weniger abgehackt, d. i. gedämpft erscheint. Am zweiten Schall ist Größe und Völle zu unterscheiden. Es ist derselbe, nämlich bei Metall und Stein im Allgemeinen kleiner aber voller, als bei Holz, wo er größer und leerer erscheint; übrigens bei Blei weich, leer, ebenso bei weichem Holz im Vergleich zum harten. Bei verschiedenen dichten Stoffen wird der scheinbar erste Schall größer und weicher, als bei jedem der combinirten Stoffe allein, der scheinbar zweite Schall bleibt gewöhnlich dem des minder dichten Stoffes gleich, nur etwas tiefer und weicher, in Wirklichkeit sind; wie schon früher erwähnt, die tiefsten Lagen dem dichtern Stoffe und dem zweiten Schall angehörig, und werden wegen ihrer Kürze auf den ersten bezogen. Wird zwischen zwei Kugeln eine Kautschukschichte gelegt, so wird der erste Schall bei dünnen Schichten bloß weich, bei dicken ganz matt, der zweite, der nur bei stärkerem Stoße auftritt, ebenfalls weich hallend. Bei Platten ist der erste Schall im Allgemeinen noch viel schwieriger vom zweiten zu sondern, als bei Kugeln, so daß über dessen Farbe nicht mehr angegeben werden kann, als über die der Kugeln. Der zweite Schall ist im Allgemeinen verklingend, wenn die Ränder der Platte nur lose oder nur an den bekannten Stellen gehalten werden, selbst wenn die Stoßstelle von rückwärts unterstützt ist; hingegen wenn ein ganzer Rand, oder gar beide parallel befestigt sind, so wird er hallend, und zwar um so auffallender, je biegsamer der Stoff, so z. B. beim Holz viel mehr, als bei Stein und Metall. Bei verschiedenen Stoffen ist auch sonst derselbe Unterschied, wie bei Kugeln. Stein und Metall geben nämlich einen kleinern aber vollern zweiten Schall, abgesehen von den bereits bekannten Höhen- und sonstigen Differenzen. Bei dünnern Platten ist der Schall im Allgemeinen größer, bei dickern kleiner, auf der Hauptfläche allenthalben weitaus größer, als auf den Randflächen. Auch die Klänge sind bei

dünnern Platten größer, als bei dickern, da hier die Größe mit der Tiefe gleichen Schritt hält.

Bei Glasscheiben ist der erste Schall, wenn sie mit dem Finger gestoßen werden und Klänge geben, sehr matt, klein und nur in der Mitte der Platte wird er hell, weich und größer, zeigt dann auch jene zwei Momente, die bei dünnen Holzplatten vorhanden sind, aber das erste so schwach, daß es fast gar nicht unterscheidbar ist. Bei am Rande gedämpften Scheiben hingegen ist der erste Schall recht groß, namentlich in der Mitte der Scheibe am größten, ist aber wie bei dünnen Platten, vom zweiten kaum zu sondern; der zweite erscheint nur bei etwas stärkerem Stoße, oder beim Stoße mit harten Stoffen, in welchem letzterem Falle auch der erste Schall in ähnlicher Weise wie bei Platten vernommen wird. Bei Stäben ist der erste Schall eben so schwer zu beurtheilen, wie bei Kugeln; beim Längensstoß ist er im Allgemeinen heller, als beim Querstoß, in letzterem Falle bei dickern Stäben heller als bei dünnern, ebenso bei längern heller als bei kürzern. Der zweite Schall ist, wenn die Stäbe fest gehalten sind, beim Längensstoß hallend groß, beim Querstoß klein, jedoch um so größer, je näher der Mitte. Sind die Stäbe lose gehalten, so treten Klänge oder Klangansätze auf, die den zweiten Schall maskiren.

Die Schallfarbe des Schalles fester Körper unter Wasser ist nicht genau zu beurtheilen wegen des gleichzeitigen Schalles der Gefäßwand und der Kürze des Schalles; im Allgemeinen ist der Schall, wie bekannt, gedämpft; der erste Schall, der gehört wird, hat annähernd dieselbe Farbe wie in der Luft, ist aber dabei doch meist heller.

Der Schall, der durch Bewegung fester Körper in der Luft entsteht, ist matt, kann aber bei sehr großer Bewegungsgeschwindigkeit mit einem wenig intensiven hellen Schall gemischt erscheinen, so z. B. beim raschen Rotiren von an einer längern Schnur befestigten Körpern, oder beim Schwingen sehr biegsamer Stäbe etc. Außerdem kann der Schall härter oder weicher, größer oder kleiner sein. Erstere Farbe hängt mit der Bewegungsgeschwindigkeit, letztere mit der Größe der Körper zusammen, jedesmal ist er mit Ausnahme der hell gewordenen immer localisirt. Der Schall von durch Röhren strömender Luft ist, von außen gehört, immer matt, aus einem weichern und einem härtern rauhen Theil zusammengesetzt, nur letzterer

localisirt. Der weichere Theil überwiegt bei langen oder weiten, der härtere bei engen oder kurzen Röhren. Münden engere in weitere Röhren, so überwiegt der härtere Schall, wenn der Strom vom weiten zum engen geht, der weichere im umgekehrten Falle. Sind Verengerungen an der Röhre, so wird namentlich der harte rauhe Theil der Schalles voller, wenn die Verengung in der Nähe der Öffnung, der weiche hingegen, wenn die Verengung mehr gegen das Mundstück der Röhre sich befindet. Trifft der Luftstrom einen Widerstand, so wird der Schall durch einen neuen verstärkt, der um so härter, rauher ist, je kantiger der Widerstand, um so voller, je mehr ein abgeschlossener Luftraum dabei von dem Luftstrom berührt wird. In letzterem Falle taucht bei zunehmender Stromgeschwindigkeit allmählig auch ein nicht localisirter heller Schall (Ton) auf. Der durch die Rohrwand behorchte Schall zeigt bezüglich seiner Farbe große Mannigfaltigkeit. Zum Theil lassen sich diese Farben allerdings in Höhenverhältnisse auflösen, wie das aus den betreffenden Angaben ersichtlich. Eine derartige Analyse ist jedoch nicht in erschöpfender Weise möglich. Abgesehen von dem Härtegrad und der Größe des Schalles sind an demselben noch verschiedene Grade und verschiedene mit den Vocalen zu bezeichnende Modificationen der Völle zu unterscheiden. Alle diese Verschiedenheiten hängen, ähnlich den auf die Höhe bezüglichen bei einfachen Röhren, von der Länge und Weite, der Dicke und sonstigen Beschaffenheit der Rohrwände ab; bei zusammengesetzten hingegen außerdem noch von dem Verhältniß aller dieser Rohreigenschaften an den einzelnen Theilröhren zu einander, so wie auch von der Richtung des den Schall erzeugenden Luftstromes. Bei einfachen Röhren ist der weiche Theil des Schalles bei 60 Cm. Länge und $1\frac{1}{4}$ Cm. Durchmesser am offenen Ende minder voll als am Anfange; der harte voller, in der Mitte der weiche am vollsten; bei 30 Cm. Länge ist diese Differenz analog aber geringer; bei engern Röhren ist diese Differenz auch noch bei kürzern, analog den langen weiten, nämlich am Anfang wenigstens bezüglich des weichern Theiles etwas voller, in der Mitte am vollsten; übrigens ist der Schall bei engern Röhren weitaus leerer als bei weitem von gleicher Länge, namentlich wird der harte Theil immer leerer, je enger die Röhre. Wird die Röhrenwand dicker, so wird der Schall immer schwächer, es entfällt dann der schwächere Theil bei einer gewissen Dicke ganz, während der

stärkere noch durchgehört wird, so daß der ganze Schall gewissermaßen einen andern Charakter annimmt, einfach wird.

Bei zusammengesetzten Röhren ist folgendes Schema am zweckmäßigsten: Man läßt von einem 60 Cm. langen weiten Rohr zwei kürzere von gleicher Länge abzweigen, von denen eines nur wenig, das andere viel enger ist als das Hauptrohr.

Geht nun der Luftstrom vom Hauptrohr zu den Zweigröhren und horcht man zunächst am Hauptrohr unmittelbar vor seiner Verzweigung, so findet man den Schall entsprechend den Angaben über einfache Röhren, als würde man beiläufig in der Mitte eines langen Rohres horchen. Vergleicht man nun diesen Schall mit dem am weitern Zweigrohr unmittelbar hinter der Verzweigung, so findet man, daß namentlich der weichere Theil leerer, der härtere hingegen voller geworden ist; am freien Ende des Zweigrohres ist dieses Verhältniß noch deutlicher. Schließt man das zweite Zweigrohr, so daß der ganze Luftstrom durch das behorchte geht, so wird der harte Theil des Schalles sowohl am offenen Ende, als an der Verzweigungsstelle im Verhältniß voller, während der weiche leerer wird. Schließt man die Mündung des behorchten Rohres, so daß in demselben nur ein fortgepflanzter Schall gehört werden kann, so wird der Gesamtschall tiefer, schwächer, und zwar in der Nähe der Verzweigung besonders der weiche Theil, in der Nähe der Öffnung besonders der harte leer, der Vocalcharakter des ersten ist beiläufig *e*, des letztern *u*. Horcht man an der engern Röhre, wenn beide offen sind, so findet man ganz besonders den weichen Theil des Schalles leerer als an der weiten Röhre, so daß der harte Theil auch schon in der Nähe der Verzweigung deutlich hervortritt, Vocalcharakter beiderseits derselbe, beiläufig *a* oder *o*. Schließt man die Öffnung des nicht behorchten Rohres, so tritt der weiche Theil des Schalles noch mehr zurück, wird noch leerer, so daß nur der harte gehört wird, der Vocalcharakter ist der zwischen *e* und *ö*, letzterer in der Nähe der Öffnung. Wird hingegen die Öffnung der behorchten Röhre geschlossen, so bleibt der Schall, dessen Charakter sich in ganz analoger Weise ändert, wie früher, im ganzen doch viel lauter als an der weitem Röhre unter ähnlichen Verhältnissen. Geht der Luftstrom vom weitem Zweigrohr aus und horcht man am Hauptrohr, während alle offen sind, so ist in der Nähe der Verzweigung der weiche Theil am vollsten, in der Mitte der harte am leersten, am Ende der weiche

am leersten Vocalcharakter am Anfang und Ende *a*, in der Mitte *o*. Schließt man die Öffnung des engern Zweigrohres, so wird der Schall fast gar nicht geändert. Schließt man das behorchte Hauptrohr, so ändert sich der Schall in analoger Weise wie früher, wird ziemlich schwach, nur ist der Vocalcharakter in der Nähe der Öffnung zwischen *a* und *o* und in der Mitte *u*, in der Nähe der Verzweigung wie früher *e*. Tritt der Luftstrom durch das engere Zweigrohr ein, und horcht man am Hauptrohr, so ist bei offenen Mündungen in der Nähe der Verzweigung sowohl, als auch am Ende, besonders der weichere Theil leer, der harte stärker hervortretend; bei geschlossener Mündung am weiten Zweigrohr wird wohl auch der weichere Theil etwas voller, aber ganz besonders voll wird ebenfalls wieder der harte, und zwar wieder in der Nähe der Verzweigung voller als am Ende. Vocalcharakter *o* beiderseits, während er bei offener weiter Zweigröhre *a* ist. Wird die Öffnung des behorchten Rohres geschlossen, so ändert sich der Schall lange nicht so auffallend wie in den frühern Fällen, der weiche Theil ist in der Mitte am vollsten, der harte an der Verzweigung, Vocalcharakter in der Mitte *u*, an der Verzweigung zwischen *a* und *o*, am Ende zwischen *o* und *u*.

Der Reflexschall, der in Hohlräumen entsteht, zeigt die verschiedensten Farben, die hauptsächlich von dem Verhältniß des Mündungsdurchmessers zum ganzen Volum abhängen. Ist die Mündung zu groß, so wird der Reflexschall bloß als kurzes Geräusch, also matt gehört; ist die Öffnung zu klein im Verhältniß zum Volum, so wird der Reflexschall wohl hell, aber weich. Ferner ist der Reflexschall hallend oder klingend, ersteres bei kleinern, letzteres bei größern Hohlräumen, besonders solchen, bei denen die Längendimension die andern überwiegt; übrigens ist immer nur der harte Schall klingend, der weiche immer hallend. Man überzeugt sich hievon an Lampenglaskugeln, deren beide Öffnungen ungleich groß sind; an der größern Öffnung ist der Schall hart klingend, an der kleinern, falls sie unter der Grenze ist, weich und hallend. Ebenso kann man an Porzellan-Kaffeekannen von länglicher Form dasselbe finden.

Der Schall von mit Luft gefüllten Blasen hat ebenfalls verschiedene Farben, die besonders von dem Spannungsgrad der Blase, ihrer äußern Begrenzung und der Lage des Plessimeters abhängen. Bei geringer Spannung ist bekanntlich der erste Schall matt, statt des

zweiten erscheint der Reflexschall, und zwar hell und klingend bei sehr großen und hallend bei kleinern Blasen, in beiden Fällen nicht localisirt. Bei starker Spannung und nur oberflächlich anliegendem Plessimeter ist der erste Schall hell, der zweite hingegen fast matt, ähnlich dem über großen Cylindern oder dem über allerlei Hohlräumen, wenn die angrenzende Schallquelle in einiger Entfernung von der Mündung sich befindet. Ist das Plessimeter in die Blasenwand hineingedrückt, so wird der zweite Schall ganz hell und zwar klingend und hart, wenn die Blase frei liegt, hallend oder weich hingegen, wenn ein großer Theil ihrer Oberfläche durch feste Körper festgehalten oder umfaßt ist.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Sitzungsberichte der Akademie der Wissenschaften mathematisch-naturwissenschaftliche Klasse](#)

Jahr/Year: 1870

Band/Volume: [61_2](#)

Autor(en)/Author(s): Stern

Artikel/Article: [Beiträge zur Theorie des gemeinen \(nicht musikalischen\) Schalles als Object-Merkmal mit Rücksicht auf die speciellen Bedürfnisse der medicinischen Diagnostik. 127-177](#)