Talbot'schen Streifen ist mithin $TT' = T'T'$, und man kann sie dadurch, daß man die Parallelogrammseite ab festhält, und die Seite fa verschiebt, variiren. Auf der Unterlage sind die Lagen dieser Seite, bei welchen $\frac{C}{2} = 2$ und $\frac{C}{2} = 1$ ist, mit zwei Strichen hi und hk bezeichnet. Bei der Lage hi verschwinden die Streifen, bei der Lage hk sind sie am deutlichsten. Verzieht man die Seite af des Parallelogramms aus der senkrechten Lage in entgegengesetzter Richtung, so entspricht dieses dem Fall, wo das rothe Ende des Spectrums an der Seite des Plättchens liegt, und man bekommt dann keine Streifen.

Die Beugungscurven des Apparates sind nach den von Airy¹⁾ berechneten und construirten Curven gezeichnet, und zwar ist nur der mittlere Theil des Beugungsbildes von $w = -\pi$ bis $w = +\pi$ berücksichtigt, weil der übrige Theil nur eine unmerkliche Helligkeit besitzt. Die Oscillationen des Reflexionsprisma's müssen bei einer gewählten Entfernung des Objectes gerade so groß seyn, daß die größte Verschiebung des Bildes etwas größer ist, als ml ; auch kann man dunkle Blendungen um das Prisma herum anbringen, die das Gesichtsfeld, soweit als es nöthig ist, beschränken.

VII. *Beobachtungen am Kundt'schen Manometer,* *von Dr. V. Dvořák,*

Assistent der Physik an der Universität zu Prag.

(Mitgetheilt vom Hrn. Verf. aus d. Sitzb. d. k. Akad. d. Wiss. zu Wien, Bd. 68.)

Gelegentlich einer Untersuchung mit dem Kundt'schen Schallmanometer¹⁾, wobei viele und verschiedenartig con-

1) Diese Ann. LVIII, Taf. II, Fig. 10.

2) Diese Ann. 1868, S. 563.

struirte Manometer verwendet wurden, zeigte sich eine auffallende Ungleichheit in den einzelnen Angaben, selbst wenn die Manometer ganz sorgfältig angefertigt waren.

Ein Grund der Ungleichheit der Angaben bei einem und demselben Manometer ist die verschiedene Länge der Luftsäule in dem mit der Pfeife in Verbindung stehenden Manometerschenkel; manches sonst gut construirte Manometer zeigt z. B. bald eine Verdichtung, oder gar nichts, oder eine Verdünnung (selbst wenn es ein Verdichtungsmanometer ist), je nachdem man die Länge der Luftsäule ändert. Um letzteres zu erreichen, bindet man zwei Glasröhren (Fig. 16, Taf. VI), von denen eine oben abgebogen ist, oben und unten zusammen, steckt sie bei *a* in einen Kautschukschlauch, an dessen anderes Ende bei *b* ein Glasgefäß mit Wasser angebracht ist; durch Heben und Senken dieses Glasgefäßes kann man dann das Wasser in dem Manometerröhrchen sinken oder steigen lassen.

Bei meinen Versuchen waren die Röhren *ac* 55 Ctm. lang bei einem inneren Durchmesser von 3 Mm. Die meistentheils verwendete Pfeife war von Holz, 27 Ctm. lang, 2,4 Ctm. breit, 2,8 Ctm. tief, und wurde gewöhnlich mittelst eines angesetzten Kautschukschlauches mit dem Munde angeblasen, weil man so die Pfeife noch mit einem stärkeren Druck anblasen und rascher zwischen Grundton und Obertönen wechseln kann, als bei einem Blasbalge. Die Pfeife sprach auf den Grundton gut an, und gab bei starkem Blasen die beiden nächsten Obertöne sehr kräftig. An das Ende der Pfeife wurde ein Blasenventil, so wie es Kundt verwendete, eingesetzt, jedoch reichte die Röhre des Manometers fast unmittelbar an den Spalt des Ventils; der luftdichte Verschluss wurde überall mit Wachs, das durch etwas Fett erweicht war, hergestellt.

Die Abhängigkeit von der Länge der Luftsäule im Manometer zeigt sich beim Grundton nicht so auffallend wie bei den Obertönen; bei diesen zeigen sich z. B. für ein Verdünnungsmanometer Stellen, wo keine oder eine

kleinste Druckänderung eintritt, dazwischen liegen Verdünnungs-, manchmal, jedoch nicht immer, auch Verdichtungsmaxima. Steht das Wasser im Manometer nur wenig über einen Punkt, wo die Druckänderung $= 0$ ist und oberhalb dessen sich ein Verdünnungsmaximum befindet, so steigt es beim Blasen anfangs ganz langsam, dann aber ziemlich rapid, sobald es sich dem Orte des Maximums nähert.

Ich habe sehr viele Versuche mit dem Grundton und beiden Obertönen ausgeführt; es zeigt sich zwar eine gewisse Gesetzmäßigkeit in der Vertheilung der Punkte kleinster und größter Druckänderung, aber die geringste Aenderung an der Membran, ein Feuchtwerden derselben genügte, um eine andere Vertheilung dieser Punkte und eine andere Gröfse der Maxima herbeizuführen; oft giebt auch z. B. ein Verdünnungsmanometer bei schwachem Anblasen desselben Tones eine Verdünnung, bei starkem eine Verdichtung an; das Membranventil läßt für sich angeblasen gewöhnlich gar keinen Ton oder eine ganze Reihe beisammenliegender Töne hören; es ist also eine genaue Bestimmung des ganzen Vorganges nicht leicht möglich. Für den Grundton liegt ein solcher Punkt, wo die Druckänderung ein Minimum ist, gewöhnlich tief unten, etwa bei *d*; für den ersten Partialton liegt ein solcher Punkt nicht sehr weit vom oberen Ende der Manometerröhre, etwa bei *f*; diese Punkte rücken weiter hinauf, wenn man die Pfeife verkürzt; natürlich ändert sich ihre Lage auch mit der Aenderung der Spalte und Membran des Ventils.

Kundt giebt an, daß er die Membran des Ventils durch Anblasen auf den Grundton seiner über einen Fuß langen gedeckten Pfeife gestimmt hat; mir ist es trotz vieler Versuche nie gelungen, eine so kleine Membran (von Kautschuck oder Guttaperchapapier) auf einen so tiefen Ton zu stimmen; der tiefste Ton, den ich erhalten, lag in der Nähe des ersten Partialtones einer solchen Pfeife. Ich fand aber, daß das Abstimmen der Membran

auf den untersuchten Ton von keinem merklichen Nutzen ist, ja in einigen Fällen traf es sich, daß nach sorgfältiger Abstimmung der Membran das Manometer nur sehr geringe Druckänderungen für den betreffenden Ton zeigte, während es für die anderen Töne der Pfeife nicht unbedeutliche Druckänderungen angab.

Verschloß ich das Ende der Manometerröhre durch ein Blech mit einer feinen Oeffnung und blies den Grundton an (weil sich bei diesem der Einfluß der Luftsäule im Manometer am wenigsten zeigt), so war die Druckänderung viel kleiner, als wenn das Blech mit der Oeffnung entfernt wurde, und zwar um so kleiner, je feiner die Oeffnung war.

Ist ein genug großer, z. B. cylindrischer Hohlraum zwischen dem Blech, das die Spalte trägt, und zwischen dem Ende der Manometerröhre, so zeigt sich der Einfluß der Länge der Luftsäule in der Manometerröhre nur wenig oder gar nicht. Es kann dann z. B. ein Verdichtungsmanometer für einen Partialton der Pfeife stets dieselbe Verdünnung zeigen, wie auch das Niveau des Wassers im Manometer steht.

Im Allgemeinen zeigen Manometer mit kleinen Spalten und sehr dünnen, leicht dehnbaren Kautschuckmembranen nur in geringem, oft unmerklichen Grade eine Abhängigkeit von der Länge der Luftsäule; ein bei der früher angeführten Pfeife gebrauchtes Ventil mit einer 4 Mm. langen, $\frac{3}{4}$ Mm. breiten Spalte zeigte zuweilen, jedoch nicht immer, diese Eigenschaft; ein anderes Ventil, wo der Spalt schon 10 Mm. lang und 1 Mm. breit war, zeigte fast ohne Ausnahme eine bedeutende Abhängigkeit von der Länge der Luftsäule im Manometer. Auch verwendete ich bei dem ersten Ventil statt der Kautschuckmembran einen 2 Mm. breiten, blos an einem Ende angeklebten, gegen das andere Ende zu schmäleren Staniolstreifen oder dünnen Glimmerstreifen; hier war auch die Länge der Luftsäule von großem Einfluß.

Für größere Pfeifen müssen auch die Dimensionen

des Ventils größer seyn (für eine 8füßige Pfeife ein etwa 3 Mm. breiter, 10 Mm. langer Spalt), weil dasselbe sonst beim Tönen der Pfeife nicht erregt wird. Für kleinere Pfeifen müssen die Dimensionen wiederum kleiner seyn, weil sonst die Pfeife nur schlecht anspricht und man zu unregelmäßige Resultate bekommt; ich verwandte bei einer 6 Ctm. langen Pfeife mit gutem Erfolge statt des Spaltes eine kreisrunde Oeffnung von bloß 1 Mm. Durchmesser, die mit einem Streifchen Goldschlägerhaut überspannt war.

Was die größte Druckänderung betrifft, die man mit Schallmanometern bei einer gedeckten Pfeife erreichen kann, so gibt Kundt für den Grundton seiner etwas über einen Fuß langen Pfeife einen Druck von 8 bis 12 Zoll Wasser an; Töpler und Boltzmann¹⁾ finden nach einer optischen Methode bei einer sorgfältig construirten Pfeife von $13\frac{1}{2}$ Zoll Länge und ziemlich weiter Mensur folgende Druckzuwüchse:

- bei schwachem Anblasen (mit 3 Mm. Quecksilberdruck)
2,3 Zoll Wasser,
- bei starkem Anblasen (mit 24 Mm. Quecksilberdruck)
4,4 Zoll Wasser,
- bei sehr starkem Anblasen (mit 30 Mm. Quecksilberdruck)
6,3 Zoll Wasser.

Ich fand bei meiner gleich anfangs erwähnten, mit dem Munde angeblasenen, 10 Zoll langen Pfeife als größtes Resultat aus sehr vielen Versuchen:

- für den Grundton (bei 4 Mm. Quecksilberdruck)
1 Zoll 10 Lin. Wasser,
- für den ersten Oberton (bei 19 Mm. Quecksilberdruck)
 $4\frac{1}{2}$ Zoll Wasser,
- für den zweiten Oberton (bei 40 Mm. Quecksilberdruck)
8 Zoll Wasser.

Ich habe noch mehrere gedeckte Pfeifen von sehr verschiedener Größe und Mensur, die gut ansprachen, in Bezug auf den Grundton untersucht; der größte Ueberdruck, den ich bekam, war bloß 2 bis 3 Zoll; freilich

1) Diese Ann. 1870, No. 11.

konnte ich die Pfeifen nicht mit einem so hohen Blasbalgdruck anblasen, wie Töpler und Boltzmann, denn die meisten übersprangen bald in den Oberton. Jedenfalls muß man, falls ein Schallmanometer wirklich den Druckzuwachs im Knoten der Pfeife angiebt, den Ueberdruck von 12 Zoll Wasser *für den Grundton* als einen enormen betrachten, denn die Tonstärke wächst nach Töpler und Boltzmann mit zunehmenden Blasbalgdrucke anfangs zwar rasch, dann aber nur langsam, und es muß also Kundt, wie Töpler und Boltzmann bemerken, seine Pfeife mit außerordentlich großem Druck angeblasen haben.

Auch fand ich den Unterschied zwischen offenen und gedeckten Pfeifen bei weitem nicht so groß, wie Kundt; Kundt bekam im Knoten der offenen Pfeife 3 bis 4 Zoll Ueberdruck, bei der gedeckten aber 8 bis 12 Zoll. Ich bekam bei der obenerwähnten 10 Zoll langen Pfeife für den Grundton sogar mehr, wenn sie offen war, als wenn sie gedeckt war. Auch zeigten seitwärts gerade unter das Mundloch eingesetzte Schallmanometer mit empfindlichem Ventil beträchtliche Druckänderungen; Kundt bekam jedoch im Bauche der Pfeife nicht die geringste Druckänderung.

Kundt hat sich ebenfalls, jedoch ohne Erfolg, bemüht, mit einem in freier Luft befindlichen Schallmanometer von dem Ton einer in unmittelbarer Nähe angeblasenen Pfeife eine Anzeige zu erhalten. Dies gelingt jedoch ganz leicht, wenn man den Spalt des Ventils nur klein nimmt, etwa 3 bis 4 Mm. lang, $\frac{3}{4}$ Mm. breit, und ihn mit einer ganz schmalen ($1\frac{1}{2}$ Mm. sehr dünnen, fast gar nicht gespannten Kautschuckmembran (oder einem nur an einer Seite angeklebten Staniolstreifchen) bedeckt. Zur Erregung nimmt man hohe, starke Töne, am besten die Obertöne einer offenen, etwa 1 Fuß langen Pfeife, die mit dem Munde angeblasen wird. Das Blech mit dem Spalt ist an einem kurzen Röhrenstückchen von Metall angelöthet; dieses Röhrenstückchen passt genau in eine weitere Röhre (von 3 Ctm. Durchmesser), in die mittelst eines Korkes ein

Manometer angesetzt wird¹⁾; das Röhrenstückchen kann man auch umgekehrt in die weitere Röhre stecken und erhält so nach Belieben ein Verdünnungs- oder Verdichtungsmanometer, das man mit gutem Vortheil auch bei Pfeifen verwenden kann. Man bekommt merkliche Druckänderungen, wenn die Pfeife auf 1 bis 2 Fuß Entfernung angeblasen wird.

Das Manometer ist auf verschiedene Töne verschieden empfindlich, und man könnte wohl die Pfeife in größere Entfernung bringen, wenn der Ton gut getroffen ist. Setzt man einen gewöhnlichen Trichter an das Manometer an, so werden die Druckänderungen bedeutend vergrößert; ich bekam in einem Falle 3 Zoll Verdünnung, wenn die Pfeife eine Handbreit vor dem Trichter angeblasen wurde.

Am besten gelingt aber der Versuch mit einem Resonator, den man an des Schallmanometer ansetzt (Fig. 17, Taf. VI). Ich stimmte genau den ersten Oberton einer 1 Fuß langen Pfeife auf einen Resonator, der mittelst erweichtem Wachs luftdicht an das Manometer angesetzt wurde; das Manometer zeigte eine merkliche Druckänderung auf eine Distanz von 4 Meter.

Setzt man an das Ende der gedeckten Pfeife ein bloßes Manometer ohne Ventil ein, so zeigt dieses beim Tönen eine kleine Verdichtung; nach Kundt soll dieses davon herrühren, daß der aus dem Spalt der Pfeife dringende Luftstrom nicht an der Kante vorbeistreift, sondern etwas in die Pfeife hineinreicht. Man kann aber diese Verdichtung leicht in eine Verdünnung verwandeln, wenn man in kleiner Entfernung über dem Spalt parallel zu diesem ein Holzleistchen *L* anklebt (Fig. 18, Taf. VI); der Ton der Pfeife verliert dadurch an Reinheit und das Manometer zeigt eine kleine Verdünnung. Nimmt man immer breitere Leistchen, die immer mehr über die Mundöffnung ragen, bis diese ganz überdeckt wird, so wird

1) Statt des Manometers kann man auch eine horizontale Glasröhre mit einem Wassertropfen ansetzen; wird das Ventil erregt, so bewegt sich der Tropfen.

der Ton immer mehr unrein, bis er ganz verschwindet; die Verdünnung steigert sich dabei immer mehr, trotzdem man glauben sollte, daß der Luftstrom jetzt noch mehr zusammengehalten und also in die Pfeife hineingetrieben werde. Auch durch bloßes Ueberdecken der Mundöffnung mit der Hand kann man leicht eine Verdünnung im Manometer erzielen; der Ton ist hiebei fast ganz ausgelöscht.

Man kann außer dem Kundtschen noch ein anderes Ventil für den Schall verfertigen, welches ziemlich merkwürdig ist. Ein kurzes Glasröhrchen, welches in die Röhre des Manometers passte, wurde zu einer feinen Spitze ausgezogen, mit etwas weichem Wachs in das Manometer mit der Spitze nach innen eingesetzt (Fig. 19, Taf. VI natürl. Gröfse) und die Spitze nach und nach immer mehr abgebrochen; bei einer gewissen Gröfse der Oeffnung in der Spitze zeigte das in die Pfeife eingesetzte Manometer eine Verdünnung von 1 bis 2 Linien Wasser. Kehrt man die Spitze des Trichterchens nach aufsen, so zeigt das Manometer eine Verdichtung, und zwar eine ziemlich gröfsere, als wenn man das blofse Manometer ohne Trichterchen verwendet. Die ganze Erscheinung verschlechtert sich in dem Maaße, als die Oeffnung in der Spitze des Trichterchens zu fein oder zu weit wird.

Aehnliche Erscheinungen wie am Kundt'schen Manometer kann man wahrnehmen, wenn man an das Ende einer Pfeife, am besten einer Metallpfeife von kreisförmigem Querschnitt (Durchm. = 3 Ctm., Länge = 1 Fufs) eine gute Kautschukmembran *M* (Fig. 20, Taf. VI) möglichst straff anspannt und senkrecht auf ihre Mitte ein an einem Ende ebengeschliffenes Glasröhrchen (innerer Durchm. = 2 Mm.) ansetzt; das andere Ende verbindet man mit dem in Fig. 16 dargestellten Manometer. Bläst man die Pfeife am besten auf einen ihrer Obertöne¹⁾ an, so bekommt man je nach der Stellung des Wasserniveaus im Manometerschenkel entweder eine Verdichtung, oder

1) Der Grundton ist stets tiefer, als der Grundton der gedeckten Pfeife, wie hoch man auch die Membran stimmen mag.

gar keine Druckdifferenz, oder eine Verdünnung bis zu einigen Centimetern. Die Erscheinung ist sehr variabel, je nach der Stellung des Glasröhrchens zur Membran.

Eigenthümliche Erscheinungen treten auf, wenn man nach Entfernung des Manometers bei vertical gestellter Pfeife oben auf die Membran eine Schicht von Wasser gießt, dessen Abfließen ein vorstehender Rand *R* hindert; die Pfeife wird wieder mit dem Munde durch einen Schlauch angeblasen. Paßt das Ende des Röhrchens nicht genau auf die Fläche der Membran, so steigt Wasser in das Röhrchen und zwar zufolge der Capillarität höher als der äußere Wasserspiegel. Bläst man nun die Pfeife auf den Grundton an, so wird gewöhnlich sofort ein Theil des Wassers bis auf einen kleinen Rest aus dem Röhrchen herausgesaugt. Zuweilen steigt beim Anblasen eines von den Obertönen das Wasser schnell im Röhrchen auf; auch machte ich dabei wiederholt die eigenthümliche Beobachtung, daß, wenn das etwa 8 Ctm. lange Röhrchen ganz mit Wasser gefüllt wurde, beim Anblasen eines bestimmten Obertones das Wasser im Röhrchen überfloß oder, wenn man eine längere Röhre ansetzte, sogar einige Zoll hoch aufstieg; ließ man aber das Wasser über einen gewissen Punkt (beiläufig in der Höhe von 3 Ctm.) sinken, so kehrte sich die Erscheinung um; das Wasser wurde aus dem Röhrchen sehr schnell ausgesaugt; sobald aber das Wasser nur sehr wenig höher stand, als dieser Punkt, füllte sich sogleich das Röhrchen. Alle diese Erscheinungen sind ebenfalls sehr variabel.

Die Oberfläche des Wassers zeigt beim Tönen der Pfeife die von Faraday und Matthiessen, jedoch nicht an Membranen, sondern an tönenden Platten beobachteten Wellenformen; dazu ist es gut, wenn man das Röhrchen fortnimmt. Ist schon sehr wenig Wasser auf der Membran, so strömt alles Wasser ziemlich schnell nach dem Ort der größten Excursion, nämlich nach der Mitte zu, was bisher nur am *Lycopodium* beobachtet wurde; natürlich sammelt sich auch das *Lycopodium* bei nicht allzustarkem Blasen zu einem Häufchen auf die Mitte.

Nimmt man den vorstehenden Rand von der Membran weg und giebt parallel zu derselben auf etwa 2 Ctm. Entfernung einen Streifen dünnen Papiers vor dieselbe, so wird der Streifen beim Anblasen der Pfeife sofort auf die Membran gezogen; ist er nicht nahe genug, so neigt er sich blos zur Membran hin. Der Streifen kann breit oder sehr schmal seyn, ja selbst ein dünner langer Glasfaden neigt sich beim Tönen zur Membran, wenn er nahe genug ist. Aehnlich hat Hr. Professor Mach beobachtet, daß, wenn man im Knoten einer offenen Pfeife ein Loch macht, ein Papierstreifen beim Tönen auf das Loch hingezogen wird; ich hängte einen vor dem Luftstrom, der aus dem Kernspalt der Pfeife kommt, geschützten Zwirnfaden nahe vor eine solche runde Oeffnung; der Faden wurde stets zur Mitte der Oeffnung gezogen, selbst wenn er etwas seitwärts hing. Hieher gehörige Beobachtungen sind schon 1834 von Guyot, 1869 von Guthrie, dann später von Schellbach gemacht worden; eine Theorie stellten Thomson und Challis auf. (*Ann. de chim. et de phys.* T. XXV, pag. 199, Jahrgang 1872.) Auch in Mach's Physik für Mediciner (1862) sind S. 236 ähnliche Erscheinungen erwähnt.

Zum Schlusse will ich noch eine Erscheinung anführen, die ich am Kundt'schen Manometer zu beobachten wiederholt die Gelegenheit hatte; läßt man nämlich kleine Luftblasen in den mit der Pfeife verbundenen Manometerschenkel aufsteigen (dieses gelingt am besten, wenn man das Glasgefäß so tief herabsenkt, bis das Wasser aus den Manometerröhren ganz heraustritt, und dann schnell wieder heraufbringt), so bleiben sie knapp unter der Oberfläche des Wassers stehen; man läßt nun am besten einen Oberton der Pfeife kräftig ertönen, wobei das Manometer eine, jedoch nicht große, Verdichtung geben soll, was bei den vielen Abnormitäten des Kundt'schen Manometers öfters eintritt; die Luftblasen steigen sogleich unter das Niveau herab, die kleineren tiefer als die größeren, und bleiben

während des Tönens unverändert an derselben Stelle; hört der Ton auf, so steigen sie wieder auf.

Sämmtliche Versuche wurden im Prager physikalischen Laboratorium ausgeführt.

VIII. *Eine Quecksilberventilluftpumpe* von *A. Mitscherlich.*

Seit vier Jahren wende ich für chemische Zwecke und zu Spectraluntersuchungen eine Quecksilberventilluftpumpe an, die sich durch sehr einfache Handhabung, durch Vermeidung eines todten Raumes, durch bequeme Reinigung und durch geringe Herstellungskosten auszeichnet. Die Construction dieser Luftpumpe ist folgende.

An einem je nach Bedürfnis großen oben und unten eng zugehenden Gefäße *A* (Fig. 3, Taf. VII), das wie alle weiter beschriebenen Theile des Apparates aus dickem Glase gemacht ist, ist ein Rohr *B* von 10 Mm. Weite und 140 Mm. Länge angeschmolzen, das sich bei *C* bis zur Breite von 5 Mm. verengt. In die hierbei entstehende kegelförmige Oeffnung paßt ein sehr gut eingeschliffener Glaskegel *D* eines Glasstabes *E* von 7,5 Mm. Dicke und 160 Mm. Länge hinein. Derselbe sinkt bei aufrechter Stellung ungefähr bis 25 Mm. in Quecksilber ein. An dem unteren Ende des Gefäßes *A* befindet sich ein 13 Mm. weites und 900 Mm. langes Glasrohr *F*, das an seinem Ende um 180° gebogen ist. Wo sich das Gefäß *A* zu dem Rohr *F* verengt, ist auf der einen Seite ein V-förmig gebogenes Rohr *G* von 5 Mm. Weite angeschmolzen, dessen senkrecht nach unten gehender Schenkel 50 Mm. und dessen anderer senkrecht nach oben gehender, am Ende zugeschmolzener Schenkel 90 Mm. lang ist. An der diesem Rohre entgegengesetzten Stelle befindet sich das Rohr *H* angeschmolzen, welches