VIII.

Von einer Vorlesung des Dr. Olbers in Bremen über die Geschwindigkeit des Schalls;

aus einem Schreiben des Dr. Benzenberg.

Brügge bei Crefeld d. 18. Dec. 1814.

Ich war neulich in Bremen, und hörte im dortigen Museum eine vortreffliche Vorlesung von Dr. Olbers über die Geschwindigkeit des Schalls, in der sich dieser berühmte Naturforscher gegen die Art erklärte, wie ich den Unterschied, den wir bei der Geschwindigkeit des Schalls zwischen Theorie und Erfahrung wahrnehmen, ausgleichen zu können geglaubt hatte. In den Bemerkungen über den Einfluß, den die Dalton'sche Theorie auf die Lehre von der Geschwindigkeit des Schalls hat, welche Sie in die Annalen B. 42. S. 156 eingerückt haben, schrieb ich vor ein Paar Jahren: Nach der Dalton'schen Theorie leben wir auf dem Boden von vier verschiedenen Atmosphären; jede besteht für sich. Wenn auch nun jede für sich den Schall fortpflanzt, so muß er in der Wasserdampf-Atmosphäre, der Theorie gemäß, mit einer Geschwindigkeit von 1027 F. fortgehen. Die Erfahrung giebt dasselbe. Ich bemerkte indeß damals schon, daß, so gut hierin auch Erfahrung und

Theorie übereinstimmten, es mir doch unerklärbar sey, warum Blas-Instrumente nicht jedesmal 3 oder 4 verschiedene Töne angeben, wenn jede der die Atmosphäre bildenden Luftarten die Schall-Schwingungen wirklich für sich fortpflanzte.

Hr. Dr. Olbers erklärte, daß er die Dalton'sche Theorie von der Mischung verschiedener Luftarten nicht bestreiten wolle, daß im Gegentheil ihm Dalton's Versuche sehr überzeugend schienen; nur könne man aus ihnen den Unterschied, welcher sich bei der Geschwindigkeit des Schalls zwischen der Rechnung und der Beobachtung zeige, nicht genügend erklären, und zwar aus folgenden Gründen:

1) Bei der Fortpflanzung des Schalls komme es nicht auf die specifische Elasticität jeder einzelnen Luftart an, sondern bloß auf die mittlere Elasticität des Gemenges; und die Schwingungen jedes Theilchen Stickstoff müssen sich eben so gut jedem Theilchen Sauerstoff als jedem Theilchen Stickstoff mittheilen. Man könne hier denselben Beweis wiederholen, den Euler gegen Mairan geführt habe, welcher auch die Luft aus Theilchen von verschiedener Elasticität zusammensetzen wollte.

2) Bei ruhiger See müßte man, wenn jene Erklärung gälte, auf ihr wenigstens einen 3fachen Schall unterscheiden können, da auf ebnem Meere kein Rückprallen von höheren Gegenständen Statt finde.

3) Wenn auch der Schall in den Wasserdämpfen mit der geforderten Geschwindigkeit vor-

1027 Fuß fortgehe, so bleibe doch seine Geschwindigkeit in der Stickluft und in der Sauerstoffluft noch viel größer, als sie der Theorie nach seyn sollte, nämlich jene von 873, diese von 814 par. Fuß (Annal. a. a. O. S. 158).

4) Es ist unmöglich, daß sich der Schall durch eine Wasserdampf-Atmosphäre, die so dünn ist, daß sie das Barometer nur auf 0,42 Zoll hält, auf beträchtliche Weiten fortpflanzen könne. Bei den Versuchen, welche Hr. Biot im October 1807 zu Arcueil angestellt hat (Annal. B. 35. S. 425), war bei einer Temperatur von 19° C. der Schall in Wasserdämpfen nur dann hörbar, wenn man sich nahe zum Ballon hinbückte; bei 45° C. Wärme hörte man ihn schon vor der Thüre; war aber gewöhnliche atmosphärische Luft im Zimmer, so hörte man ihn 450 Fuß weit. Es würde dann ferner der Schall auf große Entfernungen sich langsamer fortpflanzen müssen, als auf kleine, weil man ihn dann nur noch durch die Stickluft-Atmosphäre hören würde, und nicht mehr durch die Wasserdampf-Atmosphäre.

Hr. Dr. Olbers erklärte sich für die Meinung des Herrn La Place, daß nämlich durch die Schall-Compressionen Wärme ausgeschieden werde, und daß diese Wärme das sey, was der Luft die größere Federkraft und dem Schall die größere Geschwindigkeit ertheile. Die Theorie giebt dem Schall 861, die Erfahrung 1027 par. Fuß Geschwindigkeit bei 0° Wärme, diese also 166 Fuß mehr.

Um diesen Unterschied auf diese Art auszugleichen, muß man indeß annehmen, daß 79° R. Wärme aus der Luft durch die Schall-Wellen ausgeschieden werden.

Man sieht hieraus, daß die scharfsinnige Theorie des Hrn. La Place erst dann vollendet seyn wird, wenn man durch andere Versuche wird ausgemittelt haben, daß bei den Schall-Schwingungen die Luft wirklich um das 2 oder 3fache zusammengedrückt, und daß bei diesen Zusammendrückungen gerade 79° R. Wärme ausgeschieden werde. Es ist vielleicht bis dahin immer noch erlaubt zu glauben, daß durch diese Theorie zwar der größte Theil von jenen 166 Fuß ausgeglichen werde, daß aber doch noch andere Umstände auf die Geschwindigkeit des Schalles Einfluß haben können, an die wir jetzt noch nicht denken. Uebrigens kann der Schall keine Wärme hervorbringen, die aufs Thermometer wirkt, weil die Compressionen und Dilationen der Schallwellen zu *klein* sind, und zu *schnell* vor sich gehen. Die Thermometerkugel erhält vielleicht in demselben Augenblicke von beiden mehrere Tausend, wovon die einen $+79^{\circ}$ und die andern -79° sind.

Da wohl nicht alle Luftarten gleich viel Wärme bei gleichem Drucke fahren lassen, so müßte ferner die Größe, um welche die Wärme-Erzeugung bei den Schall-Schwingungen den Schall beschleunigt oder verlangsamt, in verschiedenen Luftarten verschieden seyn. Alle Luftarten dehnen sich wahrscheinlich

bei gleichen Wärme-Zunahmen auch nicht gleich viel aus, obschon, wenn die Unterschiede so klein sind, wie z. B. die zwischen Kupfer und Eisen, wir sie nie durch Versuche wahrnehmen können; und auch dieses würde auf die Beschleunigung des Schalls Einfluß haben *). Es wird überhaupt schwer seyn, Versuche anzugeben, durch die bestimmt wird, um wie viel die Luft bei den Schall-Compressionen zusammengedrückt wird, wenn man hiezu nicht gerade wieder die Schallversuche selbst nehmen will.

Wie viel Wärme gehört dazu, um Zunder in Brand zu stecken? Weis man dieses, so weis man auch, wie viel bei den Compressionen der Luft in den pneumatischen Feuerzeugen frei wird.

Auf meine Frage, wie es komme, daß in allen unsern Lehrbüchern und Wörterbüchern der Physik die Lehre von der Geschwindigkeit des Schalls so unvollständig vorgetragen, und in keinem die Newton'sche Theorie entwickelt werde, bemerkte Hr. Dr. Olbers, es würde nicht nur schwierig seyn, den Beweis derselben populär vorzutragen, sondern da auch in diesem ein Fehler, die Formel selbst aber richtig sey, so sey zu vermuthen, daß Newton selbst die Formel auf einem andern Wege gefunden habe. Das Mariotte'sche Gesetz, nach welchem die Dichtigkeit der Luft dem Druck propor-

*) Die verschiedenen elastischen Flüssigkeiten haben allerdings eine sehr verschiedne Wärme-Capacität, aber alle genau einerlei Ausdehnbarkeit durch Wärme, wie die Versuche der Herron Gay-Lussac und Dalton außer Streit gesetzt haben.

tional ist, sey hinreichend, um auf theoretischem Wege die Geschwindigkeiten zu bestimmen, mit denen sich Schwingungen in der Luft fortpflanzen. Vielleicht habe die Erfahrung, daß ein starker und ein schwacher Schall gleich schnell geht, daß also eine große Schwingung und eine kleine in gleicher Zeit vor sich gehn, Newton zuerst auf die Idee gebracht, daß sich die Pendelgesetze auf diese Lehre anwenden ließen, weil das Pendel auch eine große und eine kleine Schwingung in derselben Zeit durchlaufe. Wegen des Isochronismus [Tautochronismus] nehme Newton bei seinen Untersuchungen auch die Cykloide, und finde dasselbe Resultat für unendlich kleine Schwingungen und für endliche Schwingungen.

Zum Beschluß einige Fragen: 1) Wenn wir die Geschwindigkeit des Schalls so gleichförmig finden, sollte das nicht vielleicht bloß daher rühren, daß wir nur die Geschwindigkeit des Kanonendonners kennen; ob ein Flötenton genau dieselbe Geschwindigkeit habe, läßt sich schon deswegen nicht bestimmen, weil wir ihn nicht auf einer hinlänglich langen Standlinie beobachten können *). So viel

*) Der eifrige und für seine Zeit recht genaue Beobachter Dr. Derham fand die Geschwindigkeit, womit sich der Schall eines Hammerschlags, eines Flintenschusses und eines Kanonenschusses durch die Luft fortpflanzt, gleich (Annal. B. 44. S. 206); eben das fanden die Commissäre der Pariser Akademie bei Schüssen eines mit $\frac{1}{2}$ Pfund Pulver geladenen Pöllers und einer mit 6 Pf. Pulver geladenen Kanone (daf. S. 195). Der Knall einer Flinte durch-

ist aber auf jeden Fall sicher, daß innerhalb der Gränzen, zwischen denen das Mariotte'sche Gesetz richtig ist, auch die Theorie von der Geschwindigkeit des Schalls richtig seyn wird. — 2) Ob ein außerordentlich starker Schall nicht etwas schneller geht als ein schwacher? dieses kann vielleicht auf theoretischem Wege am leichtesten entschieden werden *). — 3) Woher kömmt es, daß man eine Flöte und eine Orgelpfeife durch starkes Blasen um $\frac{1}{4}$ Ton höher blasen kann? Dieser Viertelton macht einen Unterschied in der Geschwindigkeit des Schalls von 30 Fuß **).

Ueber die Geschwindigkeit des Schalls im Tannenholze ließen sich jetzt schöne Versuche in dem 8000 Fuß langen Geländer der Hamburger Elbbrücke anstellen. — —

ließ den dreifachen Raum mit derselben Geschwindigkeit als den einfachen, bei Derham's Versuchen (daf. S. 207), und der Knall einer Kanone wurde auf einer Entfernung von beinahe 6 geogr. Meilen nicht verlangsamt (daf. S. 199). Dieser Antwort dürften sich wohl nur neue und genauere Versuche entgegen stellen lassen. *Gilbert.*

*) Nach der Theorie ist die Geschwindigkeit beider gleich, und könnte nur dann ungleich werden, wenn stärkere Schall-Wellen mehr Wärme aus der Luft ausdrückten, als schwächere. *G.*

**) Wahrscheinlich daher, weil sich die Länge der tönenden Luftsäule in diesen Blasinstrumenten durch die Art des Anblasens ein wenig verkürzen oder verlängern läßt. *G.*