III.

Versuche über die Geschwindigkeit des Schalls in Wasserdämpfen.

Vom

Dr. BENZENBERG in Düsseldorf.

Durch die Versuche von Biot (diese Annal. Neue Folge B. 5. S. 425) war es entschieden, daß der Schall sich in den Wasserdämpfen fortpflanze. Es mußte nur noch bestimmt werden: 1) ob er sich auch in Wasserdämpfen erzeuge? und dann 2) mit welcher Geschwindigkeit sich der Schall in ihnen fortpflanze?

Das erstere ist leicht zu entscheiden. Man braucht zu dem Ende nur eine Orgelpfeife in die Mündung eines kochenden Theekessels zu stecken, und einen blechernen Cylinder darüber zu stürzen, damit die Dämpfe sich nicht gleich niederschlagen. Man erhält dann einen sehr schönen Pfeifenton, der aber höher ist als der, den die Pfeife in freier Luft giebt.

Die zweite Frage: mit welcher Geschwindigkeit sich der Schall in den Dämpfen fortpflanze? könnte nur durch die Chladnischen Versuche bestimmt werden, daß man nämlich genau die Höhe des

Tons in den Dämpfen mit der Höhe des Tons in freier Luft vergliche. Diese Bestimmung schien um so interessanter zu seyn, da wir das specifische Gewicht der Wasserdämpfe ziemlich genau kennen, also die beobachtete Geschwindigkeit mit der, welche die Theorie giebt, vergleichen, und uns dadurch belehren könnten, ob der Schall sich in den Dämpfen nicht vielleicht mit einer Geschwindigkeit fortpflanze, welche der Theorie näher kömmt, als wir dieses bei den permanent-elastischen Luftarten finden. Denn es ist nicht unwahrscheinlich, daß die Wärme, welche nach La Place durch die Schallschläge frei werden und die Ursache des Schnellergehens des Schalls seyn soll, bei einer nicht permanent-elastischen Flüssigkeit, wenigstens zum Theil, auf die Erhaltung des elastischen Zustandes verwendet, und daher wieder latent wird, und also die Geschwindigkeit des Schalles nicht beschleunigen kann.

Um diese Versuche anzustellen, bediente ich mich eines ganz einfachen Apparats. Er ist auf Tafel I. in Fig. 3. abgebildet. Ich verstopfte die Pfeife des Theekessels mit einem übergestürzten Hütchen dampfdicht, und stellte einen blechernen Cylinder auf die Oeffnung des Deckels. In diesem Cylinder war eine Orgelpfeife angebracht, die in atmosphärischer Luft c gab. Die Pfeife war oben offen und aus dem Principal-Register. Der Cylinder war $1\frac{1}{2}$ Fuß lang und $2\frac{1}{2}$ Zoll weit, hatte unten einen Rand,

der durch zwischengelegte Leinwand dampfdicht auf den Rand des Theekessels schloß, und war oben mit einem Deckel geschlossen, in welchem ein Loch war, durch das die Dämpfe einen Ausweg hatten.

Als das Wasser anfang zu kochen, bildeten sich zuerst nur unvollkommene Töne; sie wurden aber immer deutlicher. Als es so lange gekocht hatte, daß ich glaubte, der Wasserdampf habe alle Luft aus dem Kessel und dem Cylinder vertrieben, und erfülle beide ganz, brachte ich das Thermometer in den Cylinder; es lag bis 80° R. Den Ton, den die Pfeife gab, bestimmte Herr Hölterhof auf dem Monochorde zu d weniger $\frac{1}{8}$ eines Tons. Nachher wurde er auf neue zu $d + \frac{1}{8}$ und zum dritten Male zu $d - \frac{1}{8}$ bestimmt; so daß man ihn im Mittel zu d weniger $\frac{1}{8}$ eines ganzen Tons annehmen konnte.

Die Saite war vorher in den Ton c gezogen, den die Orgelpfeife angab, wenn sie mit Luft angeblasen wurde, und die Wärme im Cylinder war 25° R.

Wenn die Geschwindigkeit des Schalls für c $= 1027$ ist, so ist sie für $d = 1157$ und für $d - \frac{1}{8}$ $= 1145$. Nun war aber ein Unterschied in der Temperatur von 55° R., welches einen Unterschied in der Geschwindigkeit des Schalls von 120 Fuß macht. Ist folglich die Geschwindigkeit des Schalls in der Luft $= 1027$ par. Fuß, so muß sie, diesen Verhältnissen zu Folge, in gleich warmen Wasserdämpfen $1145 - 120 = 1025$ p. Fuß in 1 Secunde seyn.

Ich bemerkte bei diesen Versuchen, daß mein Cylinder so tief in den Kessel ging, daß ich nur 2 Zoll Wasser im Kessel haben konnte. Das wenige Wasser kochte stark auf, und gab dem Kessel eine zitternde Bewegung, deren Geräusch der Deutlichkeit des Tones schadete. Ich ließ deswegen den Rand des Cylinders mehr nach unten setzen, so daß ich fast den ganzen Kessel mit Wasser füllen konnte. Die zitternde Bewegung beim Kochen fiel nun weg. Auch ließ ich den obern Deckel abnehmen, so daß der Cylinder oben ganz offen blieb. Dieses hatte indess keinen Einfluß auf den Ton der Pfeife.

Die Pfeife gab beim Anblasen mit Luft bey 25° R. wieder c. Der Ton, den die Wasserdämpfe gaben, war nun schöner als vorher, und Hr. Hülterhoff bestimmte ihn beim ersten Versuche zu $d - \frac{1}{8}$ eines ganzen Tons, und beim zweiten genau d. Das Thermometer stieg jetzt im Cylinder nicht höher als auf 75° R. Das Mittel aus beiden Versuchen ist $d - \frac{1}{16}$.

Diesem Tone entspricht eine Geschwindigkeit von	1145 p.F.
hiervon gehn für 50° Temp. Differenz ab	109
	<hr/> 1056
die vorigen Versuche gaben	1025
Mittel aus beiden	<hr/> 1050 p.F.

Man wird also nicht bedeutend irren, wenn man annimmt, daß die Geschwindigkeit des Schalls in

den Wasserdämpfen 1030 p. Fuß bei 0° R. in 1 Secunde ist.

Nach Hrn. von Sauffure verhält sich das specifische Gewicht des Wasserdampfs zu dem der atmosphärischen Luft, bei gleichem Druck und gleicher Wärme, wie 7 zu 10. Bei 0° R. und 28 Zoll Druck ist der Wasserdampf also 14993 Mal leichter als Quecksilber. Nach der Newton'schen Theorie muß sich folglich der Schall in ihm mit einer Geschwindigkeit von 1027,6 p. Fuß in 1 Secunde bewegen. Die eben angeführten Erfahrungen geben 1030 par. Fuß. Aus dieser Uebereinstimmung scheint zu folgen, daß die freiwerdende Wärme die Geschwindigkeit des Schalles in den Wasserdämpfen *nicht* beschleunige, und daß sie wahrscheinlich wieder völlig latent wird, indem sie darauf verwendet wird, den Dampf in seinem elastischen Zustande zu erhalten.

Schon Newton glaubt, daß die Wasserdämpfe, welche in der Atmosphäre sind, die Geschwindigkeit des Schalls beschleunigen können, und daß deswegen der Schall geschwinder gehe, als er nach der Theorie gehn sollte. Als eine zweite Ursache dieser größeren Geschwindigkeit sah er die festen Theilchen der Luft an, die gleichsam ihre Basis ausmachen, und durch die sich der Schall wie durch feste Körper schnell fortpflanzt. Wenn diese Ursache die einzige wäre, warum der Schall 166 Fuß mehr Geschwindigkeit

hat, als die Theorie angiebt, welche diese Geschwindigkeit nur zu 861 p. Fuß findet, so müßte ungefähr $\frac{1}{1\frac{1}{3}}$ der Luft aus festen Theilen bestehen, und man könnte die atmosphärische Luft nicht weiter als bis auf das 125fache zusammendrücken. Dieses streitet nicht mit der Erfahrung, denn Hales hat die Luft in einer Bombe nur bis auf das 38fache zusammengedrückt *).

Wenn die Luft sich nur 125 Mal zusammen-drücken liesse, so wäre Franklin's Vermuthung, daß die feste Luft der schwerste Körper sey, nicht gegründet, und sie wäre dann noch immer 6 Mal leichter als Wasser. Unsere Atmosphäre würde dann, wenn sie auf das Maximum der Verdichtung käme, noch 180 Fuß hoch seyn.

Herrn La Place scheint die Newton'sche Vorstellung von der Ursache des Geschwindergehens des Schalles große Schwierigkeiten zu haben. Er vermuthet, daß die Wärme, welche bei den Compressionen der Schallwellen frei wird, die vorzügliche Ursache sey, warum der Schall nach der Erfahrung 166 Fuß geschwinder gehe, als dieses

C 2

*) In den Kugeln der Windbüchsen hat man, mehreren glaubwürdigen Angaben zu Folge, die Verdichtung der Luft bedeutend weiter getrieben, und in rings umschlossnen, ganz mit Schießpulver angefüllten Räumen, worin dieses entzündet wird, scheint das sich entwickelnde Gas im ersten Augenblicke der Wirkung mehr als die zweibundertfache Dichtigkeit der atmosphärischen Luft zu haben.

die Theorie angiebt. Allein auch diese Vorstellung hat ihre Schwierigkeiten. Man muß annehmen, daß hiebei 84° Wärme frei wird, und diese Compressionen müssen also sehr stark seyn, da bei den Verdichtungen bis aufs Doppelte erst 25 bis 30° Wärme frei werden.

Herr Biot hat hierüber in diesen *Annales* (B. 18. S. 395) verschiedene Rechnungen mitgetheilt, hat aber keine Untersuchungen angestellt, wie viel Wärme beim plötzlichen Verdichten der Luft denn eigentlich frei werde, und auch nicht, wie viel frei werden müsse, wenn man aus diesem Umstande, der auch in den Schallwellen wirksam seyn soll, jenen Unterschied von 166 Fuß erklären wollte, der zwischen der wirklichen und der theoretischen Geschwindigkeit des Schalls in der Atmosphäre Statt findet.