

IV.

Die Theorie über die Geschwindigkeit des Schalles.

1.

Die beständige Zahl.

Wenn man mit dem Finger über den Rand eines Glases mit Wasser streicht, so entsteht ein Ton. Auf diese sehr bekannte Erfahrung beruht die gewöhnliche Glas-Harmonika, bei der die Gläser nicht herumlaufen, sondern feststehen.

Die Höhe oder Tiefe des Tons hängt von der Menge des Wassers in denselben ab, und man stimmt die Gläser höher und tiefer durch Ein- oder Ausgießen des Wassers.

In dem Augenblicke, in dem der Ton entsteht, wird die ganze Oberfläche des Wassers mit äußerst feinen Wellen überzogen, welche mit einer außerordentlichen Geschwindigkeit von dem Rande des Glases gegen die Mitte desselben sich hinbewegen.

Diese rühren von den Schwingungen des Glases her, und diese Wellen pflanzen sich, obschon für unsere Augen unsichtbar, durch die Luft bis in unsere Ohren fort, und erzeugen auf dem Trommel-Felle und in den Gehör-Nerven die Empfindung des Schalles.

NEWTON zeigt in seinem unsterblichen Werke über die Naturphilosophie, daß man auf die wellenförmige Bewegung des Schalles in der Luft die Gesetze des Pendels anwenden könne, und daß hier die beständige Zahl als Pendel-Länge vorkomme.

BROT und ARAGO haben gefunden, daß trockne Luft, auf dem 45° der Breite, am Ufer der See, wenn der Wärme-Messer auf dem Gefrier-Punkte, und das Barometer auf 28 Zoll steht, die Luft 10,495mal leichter als Quecksilber ist, und die beständige Zahl ist 24,488 Fufs, wobei die Luft ganz trocken ist. Hat sie aber die gewöhnliche Feuchtigkeit, so ist sie $\frac{4}{10,525}$ mal leichter als Quecksilber, und die beständige Zahl ist 24,558.

Auf dem 45° der Breite, ist die Länge des Sekundenpendels 440,4 Par. Linien. Da sich die Quadrate der Schwingungszeiten zweier Pendel gegeneinander verhalten, wie die Länge dieser Pendel, so wird ein Pendel von 24,558 Fufs Länge, zu einer Schwingung 89,62 Sek. gebrauchen, und zu einem Hin- und Hergange 179,24 Sek. Ein Kreis von 24,558 Fufs Radius hat 154,302 Fufs Umfang.

NEWTON zeigt nun aus der Theorie, daß in der Zeit, in welcher ein Pendel von der Länge der beständigen Zahl (24558) eine hin- und her gehende Schwingung mache, also in (179,24 Sek.) der Schall in der Luft einen Weg durchlaufe, der so lang sey, als der Umfang des Kreises, von dem jene beständige Zahl, der Radius sey.

Hiernach war also die Geschwindigkeit des Schalles in einer Sek. $\frac{154,302}{179,24}$ Fufs = 861 Fufs. Zu gleicher Zeit zeigte NEWTON, daß sich in zweien elastischen Flüssigkeiten die Geschwindigkeit des Schalles verhalten müsse, wie die Quadratwurzeln, aus ihren Elasticitäten.

2.

Einfluß durch die Wärme.

Die Wärme der Luft übt einen sehr großen Einfluß auf die Fortpflanzungen des Schalles. Auf jeden Grad R. beträgt sie 2,2 Fufs.

GAY LÜSSAC hat die Wärme zu $\frac{4}{213,3}$ angenommen
 Wenn die Luft 10495 mal leichter ist, als Quecksilber, so
 findet man folgende Zahlen: (Die beständige Zahl ist dann
 24488 Fufs, und die Geschwindigkeit des Schalles für 1 Sek.
 bei 0° R. 859,4 Fufs.)

Wärme.	Beständige Zahl.	Fortpflanzung des Schalles.
0 ° R.	24488 Fufs.	859 Fufs.
1	24603	861
2	24718	863
3	24833	865
4	24948	867
5	25063	869
6	25178	871
7	25293	873
8	25408	875
9	25523	877
10	25638	879
11	25753	881
12	25868	883
13	25983	885
14	26098	887
15	26213	889
16	26328	891
17	26443	893
18	26558	895
19	26673	897
20	26788	899

3.

Einfluss der Feuchtigkeit.

Da das spezifische Gewicht des Wasserdampfes zu dem der Luft, nach den neuesten Bestimmungen wie 10:16 ist; so ist feuchte Luft leichter, wie trockne; und die Zahl 24,488 Fufs, wird für feuchte Luft gröfser.

Statt die jedesmalige Feuchtigkeit der Luft, durch den Feuchtigkeits-Messer zu bestimmen, ist es wohl besser, dafs man, wie beim Schall, so auch mit den Höhenmessungen, mit dem Barometer macht, und die mittlere Feuchtigkeit für jeden Monat des Jahres bestimmt.

Für 10,000 Fufs Entfernung beträgt diese:

Im Januar	17 Fufs.	Im July	48 Fufs.
— Februar	18 »	— August	48 »
— März	20 »	— September . . .	40 »
— April	24 »	— October	27 »
— May	35 »	— November . . .	24 »
— Juny	41 »	— Dezember . . .	18 »

Die mittlere Feuchtigkeit ist das ganze Jahr 30,8 Fufs auf 10,000 Fufs.

Ich habe gefunden, dafs bei den Versuchen in Düsseldorf, sie 2 Fufs betrug. Nämlich im Dezember 1809 war es $11\frac{1}{2}^{\circ}$ R. und im Juny 1811 war es 23° R. Die Wärme und die Feuchtigkeit.

Folgende Tafel stellt den Einfluss dar, den die mittlere Feuchtigkeit, auf das Schall-Messen hat.

Wärme.	Dichtigkeit der Luft.	Fortpflanzung des Schalles bei mitt- lerer Feuchtig- keit.
0° R.	1 : 10525	861 Fufs.
1	10574	863
2	10624	865
3	10673	867
4	10723	869
5	10772	861
6	10821	873
7	10871	875
8	10920	877
9	10970	879
10	11019	881
11	11069	883
12	11118	885
13	11160	887
14	11209	889
15	11258	891
16	11315	893
17	11364	895
18	11413	897
19	11462	899
20	11513	901
21	11562	903
22	11611	905
23	11662	907
24	11713	909
25	11762	911

4.

Berichtigung der Schwere, in Hinsicht der geographischen Breite.

Die Schwere ist auf dem 45° der Breite = Null, und auf dem 51° der Breite, auf dem Düsseldorf liegt, gleich $\div 6$ Fufs; wenn die Entfernung 10,000 Fufs beträgt.

Auf 861 Fufs in einer Sekunde macht es nur $\div 0,51$ Fufs. Da wir die Ganzen berechnen, so werden wir einen Fufs annehmen.

Für die Entfernung von 10,000 Fufs beträgt diese

Grade der Breite.	Berichti- gung.	Grade der Breite.	Berichti- gung.
0°	+ 28 Fufs.	45°	$\div 0$ Fufs.
5	27	50	5
10	26	55	10
15	24	60	14
20	21	65	18
25	18	70	21
30	14	75	24
35	10	80	26
40	5	85	27
45	0	90	28

Folgende Tafel stellt den Einfluß dar, den dieses auf das Schallmessen macht:

Wärme.	Dichtigkeit der Luft.	Fortpflanzung des Schalles bei mittlerer Feuchtigkeit.
0	1 : 10525	860
1	10574	862
2	10624	864
3	10673	866
4	10723	868
	10772	870
6	10821	872
7	10871	874
8	10920	876
9	10970	878
10	11019	880
11	11069	882
12	11118	884
13	11160	886
14	11209	888
15	11258	890
16	11315	892
17	11364	894
18	11462	896
19	11513	898
20		

Die Abnahme der Schwere in senkrechter Richtung.

Aus den Barometerrechnungen ist bekannt, daß die Abnahme der Schwere in senkrechter Richtung, auf die beständige Zahl einwirkt, und diese ändert.

Je weiter vom Mittelpunkte der Erde, desto geringer die Schwere; theils wegen der größern Entfernung vom Mittelpunkte, theils des größern Schwunges wegen, da, der Pol ausgenommen, jede Entfernung vom Mittelpunkte, zugleich eine Entfernung von der Achse ist.

Zwei unelastische, und zwei elastische Körper ändern hierdurch nicht das Verhältniß ihrer spezifischen Gewichte, und dieses bleibt auf dem Chimborasso dasselbe, wie am Ufer der See.

Allein, wenn der eine ein elastischer, und der andere ein unelastischer ist, so ändert es sich. Dieses Verhältniß zwischen Luft und Quecksilber, bleibt daher nicht dasselbe, und daher ändert sich auch die beständige Zahl, mit der Höhe.

Indefs die Schallversuche, werden gewöhnlich in den Ebenen angestellt, da, wo Menschen wohnen, und menschliche Verhältnisse herrschen.

Die Düsseldorfer Versuche, wurden auf einer Linie angestellt, die nur 200 Fufs über der Oberfläche der See war, und daher ist es auf diese völlig überflüssig.

Wenn man aber in der Schweiz auf hochliegenden Punkten Schall-Beobachtungen anstellte, so würde man der Theorie gemäß berechnen müssen, welchen Einfluss diese Veränderung der beständigen Zahl, auf die Geschwindigkeit des Schalles ausüben müsse.

Es ist schade, man hat noch keine vom Rigi- und Pilatusberge, die ungefähr 60000 Fufs von einander entfernt sind. Der Rigi ist über der See 5529 Fufs. Der Pilatus 6605 Fufs. Oder bei Genf vom Salev und dem Mole, welches ungefähr 3 Stunden entfernt ist. Der Salev ist 4257 Fufs über der See, und der Mole ist 5748 Fufs über der See. Auf 5000 Fufs würde der Einfluß ungefähr 3 Fufs betragen.

Folgende Tafel gibt die Veränderung der Schwere in Hinsicht der Höhe:

Berghöhe in Fufs.	Verbesse- rung in Fufs.
1000	+ 2,5
2000	4,9
3000	8,0
4000	10,6
5000	14,2
6000	17,8
7000	20,5
8000	24,3
9000	27,3
10000	30,1

6.

Einfluß der DALTON'schen Theorie.

Nach DALTON leben wir auf dem Boden von 4 verschiedenen Atmosphären, deren jede so für sich existirt, als wenn die 3 andern nicht da wären.

Wenn man sich auch überzeugt hat, daß die DALTON'sche Theorie keinen Einfluß auf die 166 Fufs hat, welche den alten Streit, zwischen Theorie und Erfahrung machen, so sieht man doch leicht ein, daß aus ihr eine kleine Correction für die Schall-Versuche entsteht, wenn diese in großen Höhen über der See angestellt werden. — Denn auf großen Höhen ist das spezifische Gewicht der Luft, nach der DALTON'schen Theorie kleiner, als nach der alten.

Wenn das spezifische Gewicht der Luft an der Erde = 1,0000 ist, so ist es bei 5000 Fufs = 0,9990 und bei 10,000 Fufs = 0,9982 bloß wegen der DALTON'schen Theorie, abgesehen von allen andern.

Indefs wird die Veränderung, die hieraus in der beständigen Zahl entstehet, auf die Geschwindigkeit des Schalles nur einen geringen Einfluß üben. Bei den Versuchen in Düsseldorf, war die Entfernung über der See, noch keine 200 Fufs. Aber, wenn die Versuche auf dem Mole und in Salev angestellt würden, so würden sie bei einer Höhe über dem Meere von 5000 Fufs schon 3 Fufs betragen. Diese 3 Fufs müssen abgezogen werden.

Die DALTON'sche Theorie.

Höhe über der See Fufs.	Unterschied in Fufs.
1,000	÷ 3,16
2,000	7,3
3,000	10,1
4,000	13,0
5,000	15,6
6,000	18,4
7,000	20,6
8,000	22,9
9,000	24,4
10,000	25,8

7.

Dieses ist eine kurze Uebersicht über die verschiedenen Berichtigungen, die bei der Geschwindigkeit des Schalles in Betracht kommen.

Man sieht, daß die erste, die wegen der Wärme so bedeutend ist, daß man sie bei allen Beobachtungen anbringen muß.

Dann sieht man, daß die vier letztern, nemlich über die Feuchtigkeit, über die Berichtigung der Schwere in Hinsicht der geogr. Breite; dann die Abnahme der Schwere in senkrechter Richtung, und, die DALTON'sche Theorie, viel zu unbedeutend sind, daß sie nicht vernachlässigt werden. Denn sie betragen nur 1 bis 2 Fuß; und in der Schweiz, wo man bis jetzt keine Schallmessungen hatte, betragen die beiden letztern auf dem Mole, und dem Salev nur drei Fuß, und diese betragen sie, mit entgegengesetzten Zeichen, wo also sehr schwere Schlüsse, für oder gegen die Theorie angewendet werden.

Ich habe diese Untersuchungen auf dem leichten Wege der physikalischen Beobachtungen dieses Problems geführt.

Sie hätten sich eben so leicht in Formeln führen lassen.

Da sie die beständige Zahl, in der Barometer Formel enthalten, und die DALTON'sche Theorie, zu einem vierfachen Ausdrücke derselben führt, so würden diese Formeln ein ungemein gelehrtes und verwickeltes Ansehen bekommen haben; obschon eben nicht großes in ihnen verborgen gewesen.

Es schien mir daher besser, es zu vermeiden, und eine Sache, die an sich sehr verständlich ist, mit Hülfe

der Algebraischen Zeichen, wie LESSING es nannte, für die Hälfte der Leser es nicht zum Räthsel zu machen.

Im Jahre 1817 habe ich diese Abhandlung der Königl. Akademie der Wissenschaften in Berlin überreicht. Herr Professor ERMANN, der der beständige Sekretair der Physikalischen Classe ist, las sie vor.

Herr Professor TRALLES war gegenwärtig.