V.

Ueber
die Höhe des Mont Cenis,

nach den Herren

Prony und Ramond.

Ausgezogen aus dem Moniteur vom 6. Jul. 1810 und
mit Anmerkungen begleitet

vom

Dr. BENZENBERG.

Bekanntlich besteht alles Höhenmessen mit dem Barometer im Grunde bloß darin, daß man den Druck einer Luftsäule gegen den Druck einer Quecksilbersäule abwägt, und aus der Länge von dieser auf die Länge der Luftsäule schließt, die ihr das Gleichgewicht hält. Als man das Gesetz kennen gelernt hatte, daß die Luft, wenn sie mit einem 3, 4, 5 Mahl kleinern Druck zusammengepreßt wird, genau einen 3, 4, 5 Mahl größern Raum einnimmt, war es leicht, sich eine Hülftafel, oder nach dem gemeinen Ausdrucke, eine Art von *Faullenzer* zu berechnen, in welcher man bloß nachzusehen hatte, wie viel bei jeder gegebenen Länge der Quecksilbersäule die Länge der Luftsäule betrage, die ihr das Gleichgewicht hält. Die erste Tafel dieser Art berechnete Mariotte um das Jahr 1676. Um das Verhältniß der Gewichte von Luft und Quecksilber gegen ein-

ander zu bestimmen, stieg er mit dem Barometer auf der Pariser Sternwarte so hoch, bis das Quecksilber eine Linie gefallen war, und fand, daß diese Höhe 63 par. Fufs betrage. Da er sich im Ablefen leicht um $\frac{1}{10}$ Linie geirrt haben konnte, so war'es möglich, daß er sich in dieser Grundbestimmung um 10 pr. C. irrte, und ein solcher Fehler mußte in die Tafel, die er berechnete, natürlich mit eingehen. Dieser Fehler wurde noch dadurch vermehrt, daß Mariotte der bequemern Rechnung wegen statt 63 Fufs nur 60 Fufs annahm, und daß er die Tafel so berechnete, daß sie eine arithmetische Reihe zweiter Ordnung bildete, da sie doch von einer höhern Ordnung ist. Diese fehlerhafte Tafel von Mariotte hat die Schichten-Methode während fast 140 Jahren bei den Naturforschern um alles Ansehen gebracht, obgleich sie von keiner der spätern Methoden weder an *Genauigkeit* noch an *Bequemlichkeit* übertroffen wird.

Zehn Jahre später zeigte der große Halley, daß man bei diesen Rechnungen Logarithmen gebrauchen kann. Zugleich zeigte er, daß die Schwere des Quecksilbers sich zur Schwere der Luft verhalte wie 10372 zu 1, wenn das Barometer auf 28 par. Zoll und das Thermometer auf dem Gefrierpunkte steht. Halley hatte den natürlichsten Weg eingeschlagen, um die Gewichte dieser beiden Körper zu bestimmen, nämlich durch Abwägungen an der zweiarmigen Waage

und dadurch hatte er ein Resultat erhalten, welches so genau ist, daß es nur um $\frac{1}{92}$ von den neuesten Bestimmungen abweicht, die dieses Verhältniß 10494:1 angeben, indess die Bestimmung Mariotte's um $\frac{1}{7}$ des Ganzen unrichtig war. Daß Halley den Gebrauch der Logarithmen bei den Barometermessungen einführte, war nicht von großer Wichtigkeit für die Anwendung. Denn eine Schichten-Tabelle, wie die Mariotte'sche, war leicht in ein Paar Tagen berechnet, und gab dieselbe Genauigkeit und noch eine etwas bequemere Rechnung. Diese Einführung der Logarithmen scheint sogar für das Fortschreiten der Barometermessungen nachtheilig gewesen zu seyn; denn in den nächstfolgenden 70 Jahren sind darin fast nur Rückschritte geschehen. Man hing an, eine Sache, die an sich so äußerst einfach war, in so gelehrten Worten und Formeln vorzutragen, daß man die Hauptsachen übersah, und daß man, wie es scheint, sich am Ende selber nicht mehr recht verstand. Man verließ, was die Hauptbestimmung betraf, den Weg des Halley und kam zu dem von Mariotte zurück, ohne zu bedenken, daß das Barometer zwar eine Waage ist, aber so starke Reibung hat, daß sie nach 3 oder 4 Oscillationen schon still steht, und daher von jeder zweiarmligen, die auf Schneiden schwingt, um das Tausendfache an Genauigkeit übertroffen wird.

Man hatte einen Umstand übersehen, auf den man mit weniger Gelehrsamkeit vielleicht frü-

her gefallen wäre, nämlich den: daß Quecksilber und Luft beide von der Wärme ausgedehnt werden, aber auf eine sehr verschiedene Weise, und daß man die Ausdehnungen beider kennen muß, wenn man von der Länge der Quecksilbersäule auf die der Luftsäule schließen will. Diese Bestimmungen ließen sich am besten im Zimmer anstellen, wo man sie mit aller Bequemlichkeit machen, und sie so oft wiederholen kann, als man es für nothwendig hält. Die Ausdehnung des Quecksilbers ist auf diese Weise zu $\frac{1}{4330}$ für jeden Grad R. gefunden worden, und die der Luft hat Hr. Gay Lussac zu $\frac{1}{213}$ für jeden Grad R. bestimmt, wenn sie vollkommen trocken ist.

Herr de Luc, der sich 18 Jahre mit diesem Gegenstande beschäftigte, schlug den Weg von Mariotte ein, und machte alle diese Bestimmungen am Barometer selbst. Es ist zu bedauern, daß er den von Halley verfehlt hat, auf dem er in 18 Wochen genauere Resultate würde erhalten haben, als er sich auf jenem in eben so viel Jahren verschaffte. Zugleich übersah Hr. de Luc den Umstand, daß sich in dem Quecksilber des Thermometers Wärme anhäuft, wenn es von der Sonne beschienen wird, und daß es daher jedes Mal eine höhere Temperatur anzeigt, als die umgebende Luft hat, deren Wärme man kennen will. Dadurch, daß er sein Thermometer der Sonne aussetzte, kam es, daß er seine sogenann-

ten Normal-Temperaturen um 5,4 Grad zu hoch setzte, und daß seine Regel alle Berghöhen zu klein angiebt, zum Beispiel den Montblanc um 200 par. Fufs.

In neuern Zeiten schlugen die Herren Biot und Arago den alten Weg von Halley wieder ein, und bestimmten durch unmittelbares Abwiegen das Verhältniß zwischen den Gewichten beider Körper zu 10494:1, wenn das Barometer auf 28 Zoll und das Thermometer auf 0 steht *). Dieses gilt für vollkommen trockene Luft. Da sie aber zugleich fanden, daß die Luft, wenn sie mit Feuchtigkeit vollkommen gesättigt ist, nur $\frac{1}{521}$ schwerer ist, so kann man dieses Verhältniß für alle Zustände der Atmosphäre annehmen.

Zunächst nach Hrn. de Luc hat sich vorzüglich Hr. Ramond damit beschäftigt, diese Abwiegunen unmittelbar mit dem Barometer zu machen, und zwar in den Pyrenäen. Die Abwiegunen des Hrn. de Luc hatten vor denen Mariotte's den Vorzug, daß sie auf einer größern Höhe und in größerer Anzahl angestellt waren; Hr. Ramond hat seinen Beobachtungen vor denen des Hrn. de Luc dadurch aufs neue den Vorzug verschafft, daß er seine Thermometer in den Schatten hing, und daß er in den Pyrenäen

*) Es ist mir unbekannt, woher Hr. Dr. Benzenberg diese Zahlbestimmung nimmt. Das Resultat der Abwiegunen, wie sie sich in diesen *Annalen*, B. 26. S. 178. finden, war das Verhältniß 10463:1, und auf 45° Breite reducirt 10466,8:1.
Gilbert.

noch grössere Höhen zu den Abwiegungen mit dem Barometer wählte. Die grösste Höhe des Hrn. de Luc war auf dem Mont Saleve 2900 par. Fufs; die grösste Höhe bei den Beobachtungen des Hrn. Ramond war auf dem Pic de Bigore 8000 par. Fufs. Man kann daher annehmen, dafs diese Fundamental-Bestimmungen so genau von Hrn. Ramond sind gemacht worden, als sie sich überhaupt mit dem Barometer machen lassen. Auch hat Hr. La Place sie bei seiner neuern Formel für Barometermessungen zum Grunde gelegt, da seine ältere Formel die Höhe des Montblanc um mehr als 300 Fufs zu klein angab.

Herr Prony hatte die Höhe des Mont Cenis mit dem Barometer gemessen, und fand, als er seine Beobachtung nach Hrn. Ramond's Bestimmungen berechnete, dafs die Höhe des Berges nicht mit den Angaben der Ingenieure übereinstimmte, welche den Mont Cenis nivellirt hatten. In die Genauigkeit dieses Nivellements war kein Zweifel zu setzen; es war mehrmahls wiederholt worden; eine Landstrafse läfst sich überdies ohne Schwierigkeit nivelliren, und das Interesse, welches der Kaiser an dieser Strafse genommen hat, ist Bürge, dafs alle Arbeiten an ihr mit der grössten Pünktlichkeit geschehen sind.

Dieses war nun die Veranlassung zu einer kleinen Fehde zwischen Hrn. Prony und Hrn. Ramond. Ersterer glaubte, aus seiner Beobachtung schliessen zu müssen, dafs für mittlere Hö-

hen die ältere Bestimmung der La Place'schen Formel mehr genüge als die neuere von Hrn. Ramond.

Herr Ramond liefs, um dieses zu untersuchen, durch einen Ingenieur in der Gegend von Clermont Ferrand sechs Höhen nivelliren, die zwischen 900 und 1800 Fufs waren. Er maafs diese mit aller Sorgfalt mit dem Barometer, und theilte seine Barometermessungen früher dem Ingenieur mit, als dieser ihm seine geometrischen, um allen Verdacht einer Modification der Beobachtung zu vermeiden. Das Resultat von 48 Beobachtungen war, dafs die Ramond'sche Bestimmung der specifischen Gewichte von Luft und Quecksilber und ihrer Ausdehnung auch für mittlere Höhen gelte; denn von den sechs Höhenmessungen wichen 2 nur $\frac{3}{4}$ Meter, 2 nur $\frac{1}{2}$ Meter, und 2 nur $\frac{1}{30}$ Meter von der geometrischen Messung ab; eine Genauigkeit, welche nichts Unwahrscheinliches enthält, wenn man darauf Rücklicht nimmt, dafs hierbei das Mittel aus mehreren Messungen zum Grunde liegt. Bei allen 48 Beobachtungen betrug die grösste Abweichung der einzelnen vom Mittel nur 2 Meter. Auch dieses ist die gewöhnliche Genauigkeit bei mittlern Höhen und guten Beobachtungen; zwei einzelne Bestimmungen pflegen dabei nie mehr als 10 bis 15 Fufs von einander abzuweichen. Bei 5 verdächtigen Beobachtungen, die Hr. Ramond ausschlofs, ging der Unterschied bis auf 4 Meter.

Ich habe diese Angaben hier mit Fleiß ausgehoben, weil sie darin wichtig sind, daß sie eine richtige Vorstellung von der Genauigkeit guter Barometermessungen geben. Bis auf Zolle und Linien läßt sich freilich nicht mit dem Barometer messen, aber man fehlt auch bei solchen Höhen keine 8 Fufs, wenn man die Messung 6 oder 8 Mahl wiederholt.

Aus diesen Messungen zog Hr. Ramond den Schluß, daß seine Fundamental-Bestimmungen dieselbe Genauigkeit bei mittlern als bei großen Höhen geben, und daß die Messung des Hrn. Prony irgendwo fehlerhaft seyn müsse, es sey nun ein Irrthum im Ablefen vorgefallen, oder das Barometer habe einen Fehler gehabt.

Als die Abhandlung des Hrn. Ramond in dem Institute vorgelesen wurde, war Hr. Prony gegenwärtig, und er bemerkte gegen sie Folgendes: Daß kein Fehler im Ablefen vorgefallen sey, verbürge der Umstand, daß 14 Mahl sey abgelesen worden, und immer übereinstimmend. Daß das Barometer ebenfalls nicht fehlerhaft gewesen, könne er daraus beweisen, daß er es vor der Beobachtung in Mailand mit dem Barometer der Sternwarte und nach derselben in Paris mit einem dortigen guten Barometer verglichen, und jedes Mahl mit dem Stande derselben übereinstimmend gefunden habe. Wo die Ursache dieser Verschiedenheit liege, hoffe er, wenn es überall möglich sey, sie zu finden, mit Hrn. Ramond näher zu

untersuchen, wenn dieser Naturforscher aus den Pyrenäen nach Paris zurück gekommen seyn werde.

So stand die Sache bei der letzten öffentlichen Sitzung des Instituts, und man muß nun abwarten, was zur Aufklärung derselben weiter geschieht.

Mir ist es wahrscheinlich, daß die Bestimmungen des Hrn. Ramond die richtigen sind, weil seine Abwiegungen mit dem Barometer so sehr genau mit den Abwiegungen übereinstimmen, welche die Herren Biot und Arago an der zweiarmigen Waage gemacht haben; und daß der Fehler in der Messung des Hrn. Prony weder im geometrischen Nivellement, noch in dem Barometer, noch im Ablefen zu suchen ist, sondern im Thermometer. Wahrscheinlich fand auf der Stelle, wo Hr. Prony beobachtete, eine örtliche Erwärmung Statt, welche nicht die Wärme der völlig freien Luft war. Oder, da ich nicht weiß, ob Hr. Prony zwei Barometer bei sich hatte, und ob gleichzeitig eins in *Lans le Bourg*, das andere auf dem Mont Cenis beobachtet wurde, so könnte, war dieses nicht der Fall, eine Veränderung im Drucke der Luft, die Hr. Prony nicht bemerkt hat, den Fehler veranlassen; und selbst bei correspondirenden Barometern kann durch vorüberziehende Wolken eine kleine Veränderung bewirkt werden, welche die beiden Barometer nicht zu gleicher Zeit empfinden.

Zum

Zum Schlusse bemerkt Hr. Prony, dafs er jetzt in der Nähe von Paris Versuche mache, um zu bestimmen, welches der schicklichste Coëfficient für mittlere Höhen sey. Dieses heifst mit andern Worten: das Barometer ist eine Waage, welche für kleine Gewichte andere Resultate giebt, als für grofse. Es ist dasselbe, als wenn man beim Abwiegen eines Ducaten nicht dieselbe Regel befolgen könne, als beim Abwiegen eines Napoleond'or.

Man spreche doch nicht immer von neuen Coëfficienten und von neuen Formeln. Das Barometer ist weiter nichts als eine Waage, und alle Bestimmungen, welche dabei vorkommen, laufen auf folgende Fragen heraus, die sehr einfach und eben so leicht verständlich sind, wie die Rechnungen, welche nur auf den vier Species und etwas Regel de tri beruhen.

A. Gewichte.

1. Wiegt alles Quecksilber, wenn es etwa 10 oder 12 Mal übergetrieben ist, gleich viel, und welches sind die Gränzen, zwischen die seine Verschiedenheiten im Gewichte eingeschlossen sind?

2. Wiegt trockene atmosphärische Luft in allen Ländern und in allen Breiten und Höhen bei 28 Zoll Barometerstand und bei der Temperatur des Eispunktes gleich viel?

3. Findet dasselbe bei der Luft Statt, wenn sie mit Feuchtigkeit gesättigt ist?

4. Wie verhalten sich die Gewichte von trockener und feuchter Luft zu einander?

5. Wie verhalten sich die Gewichte von Luft und Quecksilber zu einander?

B. Ausdehnung.

1. Dehnt sich alles Quecksilber bei gleichen Graden der Wärme gleich viel aus und um wie viel?

2. Dehnt sich vollkommen trockene und vollkommen feuchte Luft bei gleichen Graden der Wärme über und unter Null gleichviel aus?

3. Wie verhält sich die Ausdehnung zwischen feuchter und trockner Luft?

Jeder Naturforscher, der die Höhenmessungen mit dem Barometer zu vervollkommen denkt, muß diese Fragen aufs neue untersuchen und schärfer bestimmen, als sie jetzt bestimmt sind. *An der Regel fürs Höhenmessen darf er nichts ändern* — denn es giebt nur eine Regel, und es kann der Natur der Sache nach nur eine geben, so lange das Mariotte'sche Gesetz gilt. (Den Einfluß der Haarröhrchen-Kraft hat Cavendish so genau bestimmt, daß jede fernere Untersuchung überflüssig ist; dasselbe gilt von der Abnahme der Schwere in senkrechter Richtung und in Hinsicht der Breite. Die Theorie liefert alle Data zur Rechnung ohne weitere Untersuchung.)

Herr Prony bemerkt noch, daß sein Barometer von Fortin gemacht sey, und Mikro-

Sköpe mit beweglichen Fäden habe, wo die Genauigkeit im Beobachten der Queckfilberfläche grösser sey als die des Verniers, obgleich dieser $\frac{1}{30}$ Millimeter zeige. Dieses correspondirt einer Luftschicht von 7 Zoll Höhe. Man muß aber nicht glauben, daß man deswegen mit einem Barometer bis auf 7 Zoll messen könne. Die Reibung des Queckfilbers und die verschiedene Anhängung desselben an das Glas gehen sehr oft bis auf $\frac{1}{100}$ Zoll, und das macht schon 8 Fufs in der Höhe. Aus diesem Grunde geben diese Mikrologieen im Ablefen wohl keine größere Genauigkeit, und sie machen das Barometer nur ohne Noth complicirter. Wenn die Scale auf Glas geätzt ist, liest man mit der Handlupe eben so genau ab, und man braucht nicht einmahl einen Vernier. Das größte Verdienst an einem Barometer ist nach seiner Genauigkeit — seine Einfachheit.