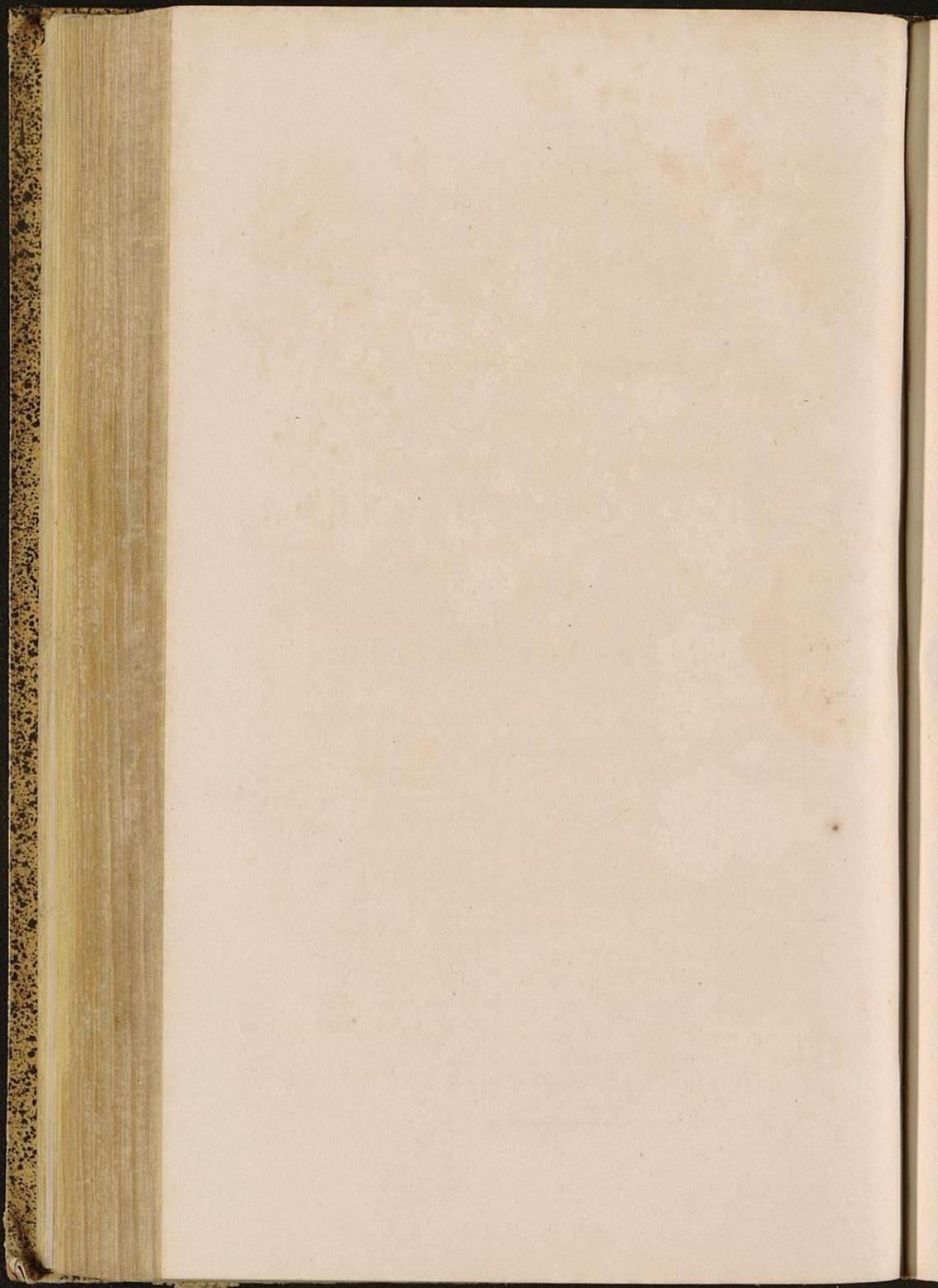


Fünfter Abschnitt.

Fehler der Messung
und
Fehler der Tafeln.



Fehler der Messung und Fehler der Tafeln:

1.

Fehler bei Berichtigung wegen der Wärme des Quecksilbers.

Wenn man von Fehlern der Messung und von Fehlern der Tafeln spricht, so können diese nur ganz klein sein.

Die erste Tabelle enthält die Berichtigungen der Wärme des Quecksilbers.

Herr de Luc nahm an, daß für 27 Zoll, welches die Länge des Quecksilbers ist, sich vom Eispunkte bis zum Siedpunkte genau um einen halben Zoll ausdehne.

Dieses war im Jahr 1772. Dieses giebt für 1 Grad R. $\frac{1}{4320}$.

Lavoisier und Laplace nahmen in den neunziger Jahren an, daß das Quecksilber sich bei 27 Zoll Länge vom Eispunkte bis zum Siedpunkte um 0,498 Zoll ausdehne.

Dieses gab für 1° R. $\frac{1}{4330}$.

Dulong und Petit haben im Jahre 1818 die Ausdehnung des Quecksilbers aufs Neue untersucht, und gefunden, daß es sich um 0,486 Zoll ausdehne.

Dieses ist für 1° R. $\frac{1}{4440}$.

Obschon dieses bedeutend von de Luc, Lavoisier und Laplace abweicht, so ist doch der Einfluss den es hat, nur klein.

Er beträgt beim Monte Gregorio auf 5259 Fufs nur 1,8 Fufs.

Die Art, wie sie hierbei verfahren, ist auferst genau, und man kann annehmen, dafs die ganze Bergmessung nur 3 Zoll ungewifs ist. Das beträgt also $\frac{1}{27000}$ Theil des Ganzen.

Diess ist also Fehler der Tafeln.

Was nun den Fehler der Beobachtung betrifft, so kann man diesen auf $0^{\circ},5$ R. annehmen. Das ist also 0,003 Zoll bei 28 Zoll. Dieses beträgt auf den Montblanc $3\frac{1}{2}$ Fufs oder $\frac{1}{3895}$ des Ganzen.

Dieses ist also Fehler der Beobachtung.

Hiernach ist die Tafel Nro. 1 berechnet, nämlich:

$\frac{1}{4420}$ thun 348 Linien, was thun 10° R.?

Antw. 0,78 Linien.

Auf diese Weise kommt das Quecksilber in der Quecksilberwaage auf die wahre mittlere Temperatur der Luft.

Die Tabelle Nro. 1 geht bis 15° R. Da die untere $-$ und die obere $+$ ist, so geht sie bis 30° R.

Bei der Messung des Montblanc war die mittlere Temperatur der Luft $10^{\circ},15$ R. Die Wärme des Quecksilbers in der Quecksilberwaage unten war $+ 19^{\circ},2$ R. und $9'$ wurden abgezogen. Oben war es $+ 1^{\circ},2$ und hier wurde die Wärme von 9° hinzugefügt, so dafs sie also $+$ und $- 9^{\circ}$ hatten. $+ 9^{\circ} - 9^{\circ} = 18^{\circ}$. 9° betragen nach Tafel 1 bei 27 Zoll $- 0,055$ Zoll, und 9° betragen bei 16 Zoll nach Tafel 1, wo die Quecksilberwaage auf dem Montblanc stand $+ 0,032$ Zoll. Beim Quecksilber stand der Wärmemesser oben auf der Spitze des Montblanc $+ 1^{\circ},2$ an der Quecksilberwaage.

2.

Fehler der Luftschichten.

Biot und Arago haben das Gewicht der Luft durch unmittelbares Messen bestimmt, indem sie einen gläsernen Luftballon auf die Luftpumpe auspumpten, und ihn hiernach wogen, dann liefsen sie wieder die Luft eindringen, und wogen ihn dann zum zweitenmal.

Sie fanden die Luft bei 0,76 Meter Stand der Quecksilberwaage folgende Zahlen, um die das Quecksilber schwerer ist, als die Luft.

$$10462,6 = 1$$

$$10461,1 = 1$$

$$10463,0 = 1$$

$$10465,5 = 1$$

$$\text{Mittel } 10463 = 1$$

Dieses ist 4,4 Unterschied bei vier Messungen.

Dieses ist also für die Breite von Paris das spezifische Gewicht des Quecksilbers, wenn man das Gewicht der völlig trocknen Luft bei 0° Wärme, und 0,76 Meter Stand der Quecksilberwaage gleich 1 setzt. Auf 45° Breite zurückgeführt, wird dieses spezifische Gewicht gleich 10466,8.

Also 4,4 Unterschied geben die 4 Messungen oder $\frac{10463}{4,4} = 2378$ zu 1.

Dieses wäre also die Fehlergränze.

Fourcroy nimmt das Gewicht des Quecksilbers zu 13,56 bis 13,60 an, das des Wassers gleich 1 gesetzt. Biot und Arago nehmen 13,59 bis 13,60 an. Wenn man auch mit Biot und Arago 1359 oder 1360 annimmt, so beträgt doch dieses 1 Fufs auf 1360 Fufs, weil man doch nicht wissen kann, ob 1359 oder 1360 das rechte ist.

Wir müssen daher annehmen, dafs das Gewicht der Luft gegen Quecksilber wie 1360 zu 1 ist,

Endlich haben wir auch die Genauigkeit zu untersuchen, welche die Schicht-Tafeln haben.

Diese ist in Pariser Linien wie 6320 zu 1.

In rheinl. Linien wie 6540 zu 1.

In engl. Linien wie 6740 zu 1.

Also den vierten Theil kleiner wie der Fehler des Quecksilbers.

3.

Berichtigung wegen der Ausdehnung der Luft.

Lambert nahm die Luft in seiner Pyrometrie zu $\frac{1}{213,3}$ für jeden Grad Reaumur an.

De Luc gab in seinem Werke, was 1772 erschien, $\frac{4}{213}$ für jeden Grad Reaumur an.

Gay Lussac nahm im Jahre 1802 die Ausdehnung der Luft = $\frac{4}{213,3}$ für jeden Grad R. an.

Die Luft ist sehr genau untersucht worden von Engländern, Deutschen und Franzosen. Wir übergehen dieses, und halten uns blofs an Lambert und Gay Lussac.

Wenn man die mittlere Wärme auf $0^{\circ},5$ R. annimmt, so ist dieses beim Monte Gregorio 12 Fufs, und man ist daher sicher, dafs man nicht um 12 Fufs irrt, wenn man die Wärme bis auf $\frac{1}{2}$ Grad genau hat. Dieses ist also 438 zu 1. Dieses kann man an einem einzelnen Beobachtungstage fehlen.

Aber wenn man mehrere Tage hat, wie z. B. beim Monte Gregorio, wo die Messung mit der Quecksilber-Waage sich durch den ganzen Monat October vertheilt, da können mit den zehnmaligen Messungen 1 bis 2 Fufs genau sein, weil das eine + und das andere - war.

Wir können daher annehmen, dafs die Wärme der Luft fehlerhaft ist von 2500 zu 1, wenn man nämlich den ganzen October misst, wie es beim Monte Gregorio der Fall war.

4.

Berichtigung wegen der Feuchtigkeit der Luft.

Die Dünste sind leichter als die Luft, und sie betragen das ganze Jahr auf 10000 Fufs 30 Fufs. Wenn man das Gewicht der trocknen Luft = 1 setzt, so kommen auf die Dünste = 0,62.

Im Sommer haben wir mehr Dünste als im Winter, und im Juli 48 Fufs auf 10000 Fufs, wo man im Winter nur 17 Fufs auf 10000 Fufs hat.

Laplace nahm an, dafs der Werth der Luft, statt auf $\frac{4}{213,3}$ für jeden Grad R. wäre, für jeden Grad $\frac{4}{200}$ sei, und hiermit dachte er den Einflufs der Dünste zu verbessern.

Allein die Dünste betragen nicht so viel, und wenn man auch annimmt, daß man um den vierten Theil fehlt, so ist dieses doch eine Kleinigkeit. Beim Monte Gregorio betrug die Messung + 14 Fufs wegen der Dünste. Gesetzt aber nun, man hätte den vierten Theil gefehlt, so ist dieses entweder 14 Fufs oder 18 Fufs, und ich glaube, daß man einen Fehler von ein Viertel kann genau sein lassen, weil der Fehler sich auf den ganzen Monat October vertheilt. Also den zwölften Theil eines Jahrs.

Ich habe nach d'Aubuisson die Monate des Jahrs angegeben, und sie hiernach berechnet. Sie stehen im Journal de Physique vom Jahr 1810. Bei uns ist diese Tafel IV.

Diese enthält folgende Berichtigung wegen der Feuchtigkeit der Luft.

Für einen Berg von 10000 Fufs beträgt diese:

| | | |
|----------------------------|--|--------------------------|
| Im Januar . . . + 17 Fufs. | | Im Juli . . . + 48 Fufs. |
| » Februar . . . 18 » | | » August . . . 48 » |
| » März . . . 20 » | | » September . . 40 » |
| » April . . . 24 » | | » October . . . 27 » |
| » Mai . . . 35 » | | » November . . 24 » |
| » Juni . . . 41 » | | » December . . 18 » |

Das ganze Jahr hindurch ist es auf 10000 Fufs = 30 Fufs.

Herr d'Aubuisson stellte folgende Untersuchungen über die Feuchtigkeit der Luft an, welche mit dem Feuchtigkeitsmesser gemessen worden ist. Er nimmt hierzu den Feuchtigkeitsmesser von Saussure, wo ein blondes Menschenhaar die hygroskopische Substanz macht.

Nach Gay Lussac und Dalton drückt die Zahl 0,00375 die Wärme aus, um die die Luft sich ausdehnt, welches auch der Grad der Feuchtigkeit sein mag.

Herr d'Aubuisson hat diese Zahl zu 0,004 angenommen, um die Feuchtigkeit zu verbessern, wahrscheinlich weil er, wie Laplace, glaubte, feuchte Luft sich stärker ausdehne, wie trockne.

Um zu untersuchen, wie viel diese Annahme abweiche, so hat Herr d'Aubuisson folgendes Täfelchen berechnet:

W Ä R M E M E S S E R.

Centesimal-Grad.

| | 0° | 5° | 10° | 15° | 20° | 25° | 30° | 35° | |
|------------------|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| HAAR-HYGROMETER. | 100 | - 1,9 | - 1,5 | - 1,1 | - 1,3 | - 3,1 | - 3,1 | - 5,0 | - 7,1 |
| | 90 | - 1,7 | - 1,1 | - 0,7 | - 0,7 | - 2,0 | - 2,0 | - 3,3 | - 5,3 |
| | 80 | - 1,4 | - 0,7 | - 0,2 | - 0,0 | - 0,7 | - 0,7 | - 1,8 | - 3,1 |
| | 70 | - 1,1 | - 0,3 | + 0,3 | + 0,7 | + 0,6 | + 0,6 | + 0,0 | - 0,8 |
| | 60 | - 0,8 | + 0,1 | + 0,9 | + 1,4 | + 1,9 | + 1,9 | + 1,9 | + 1,4 |
| | 50 | - 0,6 | + 0,5 | + 1,3 | + 2,0 | + 2,6 | + 2,6 | + 3,1 | + 3,4 |
| | 40 | - 0,4 | + 0,8 | + 1,7 | + 2,5 | + 3,3 | + 3,3 | + 4,5 | + 4,8 |

Wenn man nämlich den 100gradigen Wärmemesser und das Hygrometer beobachtet hat, und berechnet nun nach D'Aubuisson die Ausdehnung der Luft, so findet man z. B. auf 1000 Fufs = 1,9 Unterschied, wenn nämlich der Wärmemesser auf 0° und der Feuchtigkeitsmesser auf 100 steht, und man annimmt, daß diese Berichtigung für die Ausdehnung der Luft sei 0,004.

Gewöhnlich steht der Wärmemesser zwischen 10° und 20° und das Haar-Hygrometer zwischen 70° und 90° und dann begehrt man wie man aus der Tafel siehet, $\frac{1}{1000}$ Fehler.

Wenn es aber feucht und sehr kalt ist, so geht der Fehler auf $\frac{2}{1000}$ Theile, wenn es nämlich nicht friert.

Beim Monte Gregorio hat man aber gar keinen Frost gehabt. Nimmt man aber aus jedem der 12 Monate die mittlere Wärme und die mittlere Feuchtigkeit, so wie sie z. B. in Genf statt gefunden hat, so findet man folgende Unterschiede:

Im Januar $\div 1,7$ tausend Theile. Im Juli $\div 0,3$ tausend Th.
 „ Februar $\div 1,5$ „ „ „ August $\div 0,2$ „ „
 „ März $\div 0,5$ „ „ „ Septemb. $\div 0,3$ „ „
 „ April $\div 0,2$ „ „ „ October $\div 0,7$ „ „
 „ Mai $\div 0,0$ „ „ „ Novemb. $\div 0,9$ „ „
 „ Juni $\div 0,1$ „ „ „ Dezemb. $\div 1,5$ „ „

Bei dem Monte Gregorio wären also auf 1000 Fufs
 $= \frac{7}{10000}$ Fufs Unterschied gewesen, also auf 5259 Fufs
 $= \frac{37}{10000}$ Fufs. Der ganze Unterschied beträgt nur 3,6
 Fufs. Da er ein ganzer Monat beträgt, so muß er abge-
 zogen werden. Also $13,5$ Fufs $\div 3,6$ Fufs $= 9,9$ Fufs.
 Dieses ist der Feuchtigkeitsmesser beim Monte Gregorio
 im Monat October.

Wenn man den Feuchtigkeitsmesser beim Monte Gre-
 gorio im Monat October berechnet, so hat man folgendes.

| Oct. 1809. | Berech- nete Höhe in Fufs. | Unterschied | | Oct. 1809. | Berech- nete Höhe in Fufs. | Unterschied | |
|---------------|-------------------------------------|-------------|----------------------------|---------------|-------------------------------------|-------------|-----------------------------|
| | | in Fufs. | in Theile des Ganzen | | | in Fufs. | in Theile des Ganzen. |
| 1 | 5253,4 F. | $\div 6,1$ | $\frac{1}{862}$ | 4 | 5256,4 F. | $\div 3,1$ | $\frac{1}{1697}$ |
| 7 | 5258,4 „ | $\div 1,1$ | $\frac{1}{4781}$ | 8 | 5259,4 „ | $\div 0,1$ | $\frac{1}{52593}$ |
| 17 | 5252,4 „ | $\div 7,1$ | $\frac{1}{740}$ | 18 | 5273,4 „ | +13,9 | $\frac{1}{378}$ |
| 20 | 5266,4 „ | +6,9 | $\frac{1}{762}$ | 25 | 5249,4 „ | $\div 10,1$ | $\frac{1}{521}$ |
| 30 | 5272,4 „ | +12,9 | $\frac{1}{408}$ | 31 | 5265,4 „ | + 5,9 | $\frac{1}{891}$ |

5260,6 Fufs im Mittel.

5260,8 Fufs im Mittel.

Bei dem Pic du Midi, der den 12. September 1803
 gemessen wurde, beträgt der Unterschied nur auf 10000
 Fufs $= \frac{3}{10000}$. Also auf 8000 Fufs gleich $\frac{2,4}{10000}$. Der
 ganze Unterschied beträgt 2,4 Fufs.

Bei der Besteigung des Montblanc den 3. August 1787
 stand der Haar-Feuchtigkeitsmesser oben 51° und unten 77° .
 Das Mittel war also 64° . Da die Wärme der Luft nur $10^\circ,15$
 R. war, so ist dieses ungefähr 13° des hunderttheiligen
 Wärmemessers. Nach dem 1. Täfelchen hat man erst bei 64°
 Haar-Feuchtigkeitsmesser und bei 13° des hunderttheiligen
 Wärmemessers + 0,8 Fufs Fehler auf 10000 Fufs. Nach

dem 2. Täfelchen hat man im August nur $\frac{2}{10000}$ Fehler in Hinsicht des Feuchtigkeitsmessers.

Also auf 13639 Fufs ist der Fehler nur 3 Fufs der ganzen Höhe. Dieses ist begreiflich, da ein Fehler im August auf 10000 Fufs nur 2 Fufs Fehler hat.

5.

Berichtigung der Schwere in Hinsicht der geographischen Breite.

Wir haben oben gesehen, dafs die Luft am Ufer der See, und unter dem 45° der Breite zu 24488 Fufs abgewogen worden.

Am Aequator ist bekanntlich die Schwere geringer, als auf dem 45° der Breite, theils wegen des gröfseren Schwunges, theils wegen der gröfseren Entfernung vom Erd-Mittelpunkte.

Ein Körper fällt um so schneller, je stärker die anziehende Kraft der Erde oder je stärker die Schwere ist.

Ein Pendel fällt oder schwingt um so schneller, je stärker die Schwere ist, und um so langsamer, je schwächer sie ist. Da also am Aequator die Pendel langsamer schwingen, so mufs man sie kürzer machen, wenn sie so schnell schwingen sollen, wie bei uns, denn bekanntlich schwingen kurze Pendel schneller, als lange.

Kennt man daher die Pendellänge zweier Orte, so kennt man auch das Verhältnifs, welches zwischen den anziehenden Kräften an beiden Orten statt findet. Man übersieht die Stärke der anziehenden Kraft auf allen Punkten der Erde, am leichtesten an einer kleinen Tafel, welche die Pendellänge für jeden Grad der Breite enthält. Sie ist nach den neuesten Bestimmungen berechnet, und sollte eigentlich in keiner physischen Geographie fehlen, da sie die genaue Bestimmung einer so merkwürdigen Thatsache enthält.

Die Tafel ist nach der Formel von Dr. Gaußs berechnet, $429, 20 + 3,40 \text{ mal Sinus }^2 \text{ der Polhöhe.}$

Sie steht in den Versuchen über die Umdrehung der Erde. Dortmund bei Mallingekrodt. 1804.

| Breiten-Grad. | Pendel-Länge. | Breiten-Grad. | Pendel-Länge. | Breiten-Grad. | Pendel-Länge. |
|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | Par. Linien. | | Par. Linien. | | Par. Linien. |
| 0 | 439,20 | 31 | 439,84 | 61 | 441,04 |
| 1 | 20 | 32 | 87 | 62 | 07 |
| 2 | 20 | 33 | 91 | 63 | 11 |
| 3 | 20 | 34 | 95 | 64 | 14 |
| 4 | 21 | 35 | 99 | 65 | 17 |
| 5 | 22 | | | | |
| 6 | 439,23 | 36 | 440,03 | 66 | 441,20 |
| 7 | 24 | 37 | 07 | 67 | 23 |
| 8 | 25 | 38 | 11 | 68 | 26 |
| 9 | 26 | 39 | 15 | 69 | 29 |
| 10 | 27 | 40 | 19 | 70 | 32 |
| 11 | 439,29 | 41 | 440,23 | 71 | 441,35 |
| 12 | 30 | 42 | 27 | 72 | 37 |
| 13 | 32 | 43 | 32 | 73 | 40 |
| 14 | 34 | 44 | 36 | 74 | 42 |
| 15 | 36 | 45 | 40 | 75 | 44 |
| 16 | 439,38 | 46 | 440,44 | 76 | 441,46 |
| 17 | 40 | 47 | 48 | 77 | 48 |
| 18 | 43 | 48 | 53 | 78 | 50 |
| 19 | 45 | 49 | 57 | 79 | 51 |
| 20 | 48 | 50 | 61 | 80 | 53 |
| 21 | 439,51 | 51 | 440,65 | 81 | 441,54 |
| 22 | 54 | 52 | 69 | 82 | 55 |
| 23 | 57 | 53 | 73 | 83 | 56 |
| 24 | 60 | 54 | 77 | 84 | 57 |
| 25 | 63 | 55 | 81 | 85 | 58 |
| 26 | 439,66 | 56 | 440,85 | 86 | 441,59 |
| 27 | 69 | 57 | 89 | 87 | 59 |
| 28 | 73 | 58 | 93 | 88 | 60 |
| 29 | 76 | 59 | 96 | 89 | 60 |
| 30 | 80 | 60 | 441,00 | 90 | 60 |

Da nach der Tafel auf dem 45° der Breite, die Pendellänge 440,40 Linien und auf dem Aequator 439,20 Li-

nien ist, folglich um 1,2 Linien oder $\frac{1}{367}$ des Ganzen kleiner, so ist die Schwere auch um $\frac{1}{367}$ kleiner, und alle Luftschichten werden um so viel höher und leichter, weil sie um so viel weniger angezogen werden, und sie also wegen ihrer Federkraft sich um so viel mehr ausdehnen können.

Aus diesem Grunde wird die Luft am Aequator leichter, weil die Schwere geringer ist, und nach dem Pol hin nimmt die Dichtigkeit zu, eben der größeren Schwere wegen.

Unter 0° der Breite ist die Pendellänge 439,20 Linien.

Unter dem 45° der Breite ist die Pendellänge 440,40 Linien.

Unter dem 90° der Breite ist die Pendellänge 441,60 Linien.

Also Vermehrung vom Aequator bis zum Pol 2,4 Linien.

Für einen Berg von 10000 Fufs Höhe beträgt diese:

| Grade der Breite. | Berichtigung. Fufs. | Grade der Breite. | Berichtigung. Fufs. |
|-------------------|---------------------|-------------------|---------------------|
| 0° | + 28 | 45° | ÷ 0 |
| 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 |

Die Veränderung in Hinsicht der Schwere ist sehr geringe, und der Fehler der Tafeln beträgt auf 100000 nur 1.

6.

Berichtigung wegen Abnahme der Schwere in Hinsicht der senkrechten Richtung.

Die Schwere nimmt ebenfalls in senkrechter Richtung ab, und wenn man das Gewicht der Luft zu $\frac{1}{701495}$ setzt, so wird hierunter trockne Luft verstanden, welche unterm 45° der Breite, am Ufer der See abgewogen ist, als die Quecksilberwaage auf 28 Zoll stand, und der Wärmemesser auf 0° . Unter trockene Luft versteht man Stickluft, Sauerstoffluft und kohlen saure Luft.

Folgende Tafel zeigt die Abnahme der Schwere in senkrechter Richtung.

| H ö h e für 1000 Fufs | Schwere-Abnahme 0,00010 Fufs. |
|--------------------------|----------------------------------|
| 2000 | 20 |
| 3000 | 30 |
| 4000 | 40 |
| 5000 | 51 |
| 6000 | 0,00061 |
| 7000 | 71 |
| 8000 | 82 |
| 9000 | 92 |
| 10000 | 102 |
| 11000 | 0,00112 |
| 12000 | 122 |
| 13000 | 132 |
| 14000 | 142 |
| 15000 | 152 |
| 16000 | 0,00163 |
| 17000 | 173 |
| 18000 | 184 |
| 19000 | 194 |
| 20000 | 204 |

Die Abnahme der Schwere hat in senkrechter Richtung einen doppelten Einfluss aufs Höhenmessen mit der Quecksilberwaage.

1. Sind die obern Luftschichten dünner, als sie sein würden, wenn keine Schwere-Abnahme da wäre. Bei einer Luftsäule von 12000 Fufs ist die Anziehungskraft oben um 0,00122 kleiner als unten, also die Luft wegen dieses Umstandes um so viel dünner. Die mittlere Anziehungskraft der ganzen Luftsäule ist nur 0,00061 kleiner als unten. Dieses auf 12000 Fufs multipliziert, gibt 7,3 Fufs Verbesserung.

2. Zugleich ist bei der Messung auf der Spitze des Berges das Quecksilber in der Quecksilberwaage leichter, als es am Fufse desselben war, eben weil die Schwere abnimmt.

Da aber die Quecksilberwaage eine Waage ist, auf der der Druck der Luft gegen den Druck im Quecksilber abgewogen wird, bei gleicher Wärme und bei gleicher Schwere, so muß man die Beobachtung auf der Spitze des Berges auf die Schwere an der See zurückführen. Bei einem Berge von 12000 Fufs ist die Schwere oben 0,00122 geringer. Das Quecksilber steht noch auf 17 Zoll, ist also um 0,00122 Zoll, oder um 0,02 Zoll leichter als an der See; d. h. eine Quecksilbersäule von 17 Zoll auf dem Berge drückt nicht schwerer, als eine von 16,98 Zoll an der See.

Man muß daher den obern Stand der Quecksilberwaage auf die Schwere am Ufer der See zurückführen, ehe man sie von einander abzieht. Ist dieses geschehen, so ist der Unterschied zwischen ihnen die Quecksilbersäule, welche der Luftsäule das Gleichgewicht gehalten hat, bei gleicher Temperatur und bei gleicher Schwere.

Statt dafs man die 0,02 Zoll abzieht, um sie auf die Länge von 16,98 Zoll zu bringen, so kann man auch berechnen, wie viel diese 0,02 Zoll in Fufs betragen. Bei 12000 Fufs Höhe betragen 0,02 Zoll Fallen des Quecksilbers 30 Fufs Steigung. Man hat also:

Erste Verbesserung wegen des Dünnewerdens
 der Luft bei der Abnahme der Schwere . 7,3 Fufs
 Zweite Verbesserung wegen des Leichterwerd-
 dens des Quecksilbers , . 30,0 Fufs
 Berichtigung für 12000 Fufs Höhe = 37,3 Fufs

Verbesserung wegen Abnahme der Schwere
 in senkrechter Richtung.

| Berghöhe. | Verbesserung | | Summe beider Verbesse- rungen. |
|-----------|----------------------------|----------------------------|--------------------------------------|
| | wegen der Luftschichten | wegen des Quecksilbers. | |
| 1000 | 0,1 Fufs | 2,4 Fufs | 2,5 Fufs |
| 2000 | 0,2 | 4,7 | 4,9 |
| 3000 | 0,5 | 7,5 | 8,0 |
| 4000 | 0,8 | 8,8 | 10,6 |
| 5000 | 1,3 | 12,9 | 14,2 |
| 6000 | 1,8 | 16,0 | 17,8 |
| 7000 | 2,5 | 18,0 | 20,5 |
| 8000 | 3,3 | 21,0 | 24,3 |
| 9000 | 4,1 | 23,2 | 27,3 |
| 10000 | 5,1 | 25,0 | 30,1 |
| 11000 | 6,2 | 27,3 | 33,5 |
| 12000 | 7,3 | 30,0 | 37,3 |
| 13000 | 8,6 | 32,4 | 41,0 |
| 14000 | 9,9 | 34,6 | 44,5 |
| 15000 | 11,4 | 37,1 | 48,5 |
| 16000 | 13,1 | 39,9 | 53,0 |
| 17000 | 14,8 | 42,4 | 57,2 |
| 18000 | 16,6 | 44,9 | 61,5 |
| 19000 | 18,4 | 47,3 | 65,6 |
| 20000 | 20,4 | 50,0 | 70,4 |

Auch die Veränderung in Hinsicht der Schwere ist ebenfalls sehr geringe. Sie beträgt nach der Tafel, 1 auf 100000.

7.

Die Dalton'sche Theorie.

Wenn man Wasserdämpfe, die 0,3 Zoll Quecksilber tragen, in ein Gefäß schüttet, was ebenfalls mit Quecksilber gesperrt ist, und man gießt dann 30 Zoll Stickluft hinein, oder 30 Zoll Sauerstoffluft, so wird es nicht zersetzt, wie es allerdings thun müßte, wenn man das Gefäß mit 30 Zoll Quecksilber anfüllte.

Diese räthselhafte Erscheinung der Wasserdämpfe hatten schon früher Deluc, Lichtenberg und Volta auf die Vermuthung gebracht, daß sie von der umgebenen Luft gar nicht gedrückt würden, sondern daß sie für sich ihr Dasein hätten.

John Dalton in Manchester beschäftigte sich in den Vorlesungen der Chemie über Dampf und Luftarten.

Im Jahre 1803 sagte er folgendes, worin er diese räthselhafte Erscheinung aussprach:

»Daß die Wasserdämpfe durch die Luft nicht zersetzt werden, braucht uns gar nicht zu wundern, denn sie werden gar nicht von ihr gedrückt. Wenn die Wasserdämpfe in unserer Atmosphäre, das Quecksilber auf $\frac{3}{4}$ Zoll halten können, so stehen sie bloß unter dem Drucke ihrer eigenen Atmosphäre, der nur einen halben Zoll beträgt, und der nicht stark genug ist, um sie zu zersetzen. Aber von der $27\frac{1}{2}$ Zoll starken Stickluft, Sauerstoffluft und kohlensauren Luft werden sie gar nicht zersetzt, weil sie nichts von diesen empfinden.«

»Denn jedes kleine Theilchen Luft oder Dampf wirkt nur auf die Theilchen seiner Gattung und nicht auf die wandern, die sich zwischen ihnen befinden.«

John Dalton war ein stiller anspruchsloser Quäker und Lehrer am Collegio zu Manchester. Seinen Unter-

halt verdiente er sich durch Unterricht in der Chemie und in der Mathematik.

Eine Theorie, die alles umwarf, mußte natürlich sehr vielen Widerspruch erdulden.

Im Jahre 1807 war Professor Tralles der erste, der sie auf die Lehre vom Höhemessen mit der Quecksilberwaage anwandte. Sie steht in Gilbert's Annalen 1807. B. 27. S. 400. Professor Tralles erklärt sich gegen sie. Er gebrauchte bei ihr die Buchstaben-Rechnung.

Im Jahre 1811 beschäftigte ich mich viel mit der Theorie von Dalton. Ich ließ damals die Schweizer Briefe drucken.

Im Jahre 1812 wachte ich eine Anzeige von Biot's, Lindenau's und Oltmann's Tafeln, über das Höhemessen mit der Quecksilberwaage, in der Jenaer Litteratur-Zeitung.

Ich machte darauf aufmerksam, daß die Dalton'sche Theorie die gemessene Höhe so genau gebe, wie keine andere. Denn nach der Dalton'schen Theorie hätte man beim Monte Gregorio folgendes:

| Oc- to- ber 1809 | Berech- nete Höhe in Fufs. | Unterschied | | Oc- to- ber 1809 | Berech- nete Höhe in Fufs. | Unterschied | |
|---------------------------|-------------------------------------|-------------|-------------------------------|---------------------------|-------------------------------------|-------------|-------------------------------|
| | | in Fufs. | in Theile d. Ganzen. | | | in Fufs. | in Theile d. Ganzen. |
| 1 | 5253,3 | ÷ 6,2 F. | $\frac{1}{848}$ | 4 | 5256,7 | ÷ 2,8 F. | $\frac{1}{1878}$ |
| 7 | 5256,1 | ÷ 3,4 | $\frac{1}{1547}$ | 8 | 5257,3 | ÷ 2,2 | $\frac{1}{2391}$ |
| 17 | 5251,6 | ÷ 7,9 | $\frac{1}{666}$ | 18 | 5273,7 | + 14,2 | $\frac{4}{370}$ |
| 20 | 5269,9 | + 10,4 | $\frac{1}{506}$ | 25 | 5250,2 | ÷ 9,3 | $\frac{1}{566}$ |
| 30 | 5272,8 | + 13,3 | $\frac{1}{395}$ | 31 | 5261,7 | + 2,2 | $\frac{1}{2391}$ |
| 5260,7 Fufs im Mittel. | | | | 5259,9 Fufs im Mittel. | | | |

Das Mittel aus den ersten Beobachtungen gab 5260,7 Ffs.
 Das Mittel aus den letzten Beobachtungen gab 5259,9 Ffs.
 Das geometrische Messung gab 5259,5 Ffs.

Im Jahre 1812 machte ich diese in Gilberts Annalen bekannt, und lehrte es auch in meiner Trigonometrie, die ich im Jahre 1813 bei Schreiner herausgab.

Im Jahr 1820 gaben Berzelius und Dulong Versuche heraus, um die Dichtigkeit verschiedener elastischen Flüssigkeiten zu bestimmen. Sie stehen in den Annales de Chemie et Physique von Gay Lussac und Arago. 1820. Th. 15. S. 386.

Sie gehören wohl mit zu den genauesten, die wir haben.

Auch stehen sie in dem Lehrbuch der Chemie von Berzelius, welches in der Arnold'schen Buchhandlung in Dresden 1825 erschien.

Folgendes sind die Gewichte auf 28,18 Zoll Quecksilber nach Berzelius und Dalton.

| | nach Berzelius. | nach Dalton. | Unterschied |
|---------------------|-----------------|--------------|-------------|
| Das Stickstoffgas . | 21,2901 Zoll | 21,2336 | + 0,0565 |
| » Sauerstoffgas . | 6,5716 » | 6,4986 | + 0,0730 |
| » Kohlens. Gas . | 0,0280 » | 0,0278 | + 0,0002 |
| » Wassergas . . | 0,2903 » | 0,4200 | ÷ 0,1290 |
| | 28,1800 Zoll | 28,1800 Zoll | |

Nach Dalton ist es in England feuchter, weil es eine Insel ist. Es hat 0,42 Zoll Wassergas. Hingegen war es nach Berzelius, wo sie in Paris diese Versuche anstellten, nur 0,29 Zoll Wassergas. Dann ist die Bestimmung von Davy in Hinsicht des Sauerstoff-Gehalts etwas unsicher. Davy fand 1,128 für den Sauerstoff. Hingegen Biot fand 1,1036 für den Sauerstoff, und Berzelius fand 1,1026. Und dieses letztere ist wohl das richtige, die atmosphärische Luft gleich 1 gesetzt.

Nach Berzelius hat man folgende Angaben über die Mischungs-Verhältnisse der verschiedenen Luftarten, die unsere Atmosphäre bilden.

| | 1. | 2. | 3. |
|-----------------------------|---|--|--|
| N a m e n der Luftarten. | Inhalt in 100 Theilen feucht. Luft. | Specificsches Gewicht der Luftart. | Antheil dem Gewichte nach in 100 Theilen feuchter Luft. |
| Gemeine Luft . | 100,00 | 1,0000 | 100,00 |
| Stickluft . . . | 77,96 | 0,9691 | 75,55 |
| Sauerstoffluft | 21,15 | 1,1026 | 23,32 |
| Kohlens. Luft . | 0,07 | 1,526 | 0,10 |
| Wasserdampf . | 0,60 | 0,62 | 1,03 |

Summe 100,00

Wenn der mittlere Stand der Quecksilberwaage 28,18 Zoll ist, so würde er ohne Wasserdampf-Atmosphäre, die 0,2902 Zoll ist, gleich 27,8898 Zoll sein.

Wenn der mittlere Stand der Quecksilberwaage 28,4153 Zoll ist, so würde er ohne Wasserdampf-Atmosphäre, die 0,4680 Zoll dem Raume nach ist, die drei Luftarten, Stickluft, Sauerstoffluft und kohlens. Luft 27,9473 Zoll sein.

Dieses ist mit Nr. 1. bezeichnet, und jenes mit Nr. 3.

Man erhält Nro. 3, wenn man es durch Nro. 2 dividirt, und der Quotient wird Nro. 1. $21,2900 : 0,9691 = 21,9688$.

Folgendes sind die Quecksilberhöhen.

| | 1. | 2. | 3. |
|--|---|------------------------------|---|
| N a m e n der Luftarten. | Jede Luft- art in Hin- sicht des Raumes. | Gewicht jeder Luftart. | Höhe auf wel- cher jede At- mosphäre die Quecksilber- waage hält. |
| | Zoll. | | |
| Stickluft- Atmosphäre | 21,9688 | 0,9691 | 21,2900 |
| Sauerstoffluft-Atmos. | 5,9601 | 1,1026 | 6,5717 |
| Kohlens. Luft-Atmos. | 0,0184 | 1,526 | 0,0281 |
| Gemeine trockene Luft | 27,9473 | | 27,8898 |
| Wasserdampf-Atmos. | 0,4680 | 0,62 | 0,2902 |
| Gemeine Luft bei mitt- ler Feuchtigkeit . | 28,4153 | | 28,1800 |

Ich habe sie auf die Angaben von Berzelius angewandt, die die genauesten sind die wir haben.

| Namen der Luftarten. | Höhe auf welcher jede At- mosphäre die Queck- silber- waage hält. | Ihr Ge- wicht ge- gen Queck- silber bei 0° und 28 Zoll Druck. | Beständige Zahl. |
|--|---|--|---------------------|
| Stickluft-Atmosphäre . | 21,2900 | $\frac{1}{10830}$ | 25270 Fufs. |
| Sauerstoff-Atmosphäre | 6,5717 | $\frac{1}{9518}$ | 22208 » |
| Kohlensaures Gas . . | 0,0281 | $\frac{1}{6877}$ | 16046 » |
| Gemeine trockne Luft | 27,8898 | $\frac{1}{10495}$ | 24488 » |
| Wasserdampf-Atmos. . | 0,2902 | $\frac{1}{16927}$ | 39496 » |
| Gemeine Luft bei mitt- ler Feuchtigkeit . . | 28,1800 | $\frac{1}{10555}$ | 24628 » |

Hiernach habe ich folgenden Stand der Quecksilberwaage nach Dalton berechnet.

Nach Berzelius und Dulong.
1830.

| Höhe über der See in Fufs. | Unterschied in Fufs. | Höhe über der See in Fufs. | Unterschied in Fufs. |
|----------------------------------|-------------------------|----------------------------------|-------------------------|
| 1000 | ÷ 2,8 | 11000 | ÷ 19,0 |
| 2000 | 5,1 | 12000 | 19,5 |
| 3000 | 7,7 | 13000 | 19,6 |
| 4000 | 10,1 | 14000 | 20,0 |
| 5000 | 11,6 | 15000 | 20,0 |
| 6000 | ÷ 13,7 | 16000 | ÷ 19,7 |
| 7000 | 15,1 | 17000 | 19,1 |
| 8000 | 16,1 | 18000 | 18,6 |
| 9000 | 17,5 | 19000 | 17,5 |
| 10000 | 18,2 | 20000 | 16,9 |

Im Jahre 1809 maßt d'Aubuisson den Monte Gregorio bei Turin. Er fand seine Höhe nach einer geometrischen Messung 5259,5 Fufs, eine Messung, die nicht um $1\frac{1}{2}$ Fufs ungewiß ist. Er hat diese Messung im Journal de Lameterie im Juny und July 1810 beschrieben, und folgendes Ergebnis bekannt gemacht.

Ich habe die Meter in pariser Fufs verwandelt, und die 100theilige Grade in 80theilige.

| October 1809. | Druck der Luft. | Wärme | | Druck der Luft. | Wärme. | | Mittlere Wärme der Luft- säule. |
|------------------|--------------------|----------------------|--------------------|--------------------|----------------------|--------------------|--|
| | | des Quecks. R. | der Luft. R. | | des Quecks. R. | der Luft. R. | |
| | | | | | | | |
| 1 | 27,300 | 17°,4 | 14°,8 | 22,202 | 7°,5 | 5°,8 | 10°,3 |
| 4 | 612 | 12,9 | 12,4 | 395 | 3,3 | 1,8 | 7,1 |
| 7 | 497 | 15,0 | 14,9 | 348 | 7,0 | 3,0 | 9,0 |
| 8 | 494 | 15,0 | 14,7 | 326 | 4,7 | 2,6 | 8,6 |
| 17 | 418 | 15,9 | 16,0 | 351 | 8,4 | 7,9 | 11,9 |
| 18 | 27,532 | 15,6 | 15,6 | 22,425 | 8,9 | 7,9 | 11,8 |
| 20 | 625 | 15,3 | 13,0 | 473 | 8,5 | 6,5 | 9,8 |
| 25 | 842 | 14,7 | 14,3 | 719 | 10,0 | 10,0 | 12,2 |
| 30 | 51° | 10,9 | 10,9 | 279 | 3,1 | 0,6 | 5,8 |
| 31 | 388 | 10,9 | 10,6 | 188 | 1,9 | 1,4 | 6,0 |

Herr D'Aubuisson beschäftigte sich den ganzen Monat October mit ihr, und las während den 10 Tagen die Quecksilberwaage oben fünfmal ab und unten fünfmal, nämlich: um 11 Uhr, $11\frac{1}{2}$, 12, $12\frac{1}{2}$ und 1 Uhr. Der, welcher unten ablas, war Herr Mallet, Ingenieur en chef des ponts et chaussées.

Bei den Höhenmessungen wurden Wiederholungskreise von Lenoir gebraucht, die 8 Zoll Durchmesser hatten. Die Länge der Standlinie war 670,2 Meter.

D'Aubuisson kannte nicht die Theorie von Dalton. Es war ihm nur darum zu thun, eine Formel für's Höhenmessen zu finden, die allen angenehm wäre. Weil fünfmal abgelesen wurde, so ist dieses nur das Mittel, und man sieht leicht ein, daß der Unterschied nicht groß sein kann.

Ich habe Tafel 4, die den Unterschied enthält, wegen der Feuchtigkeit der Luft im Monat October zu 13,5 Fufs angenommen. Dann aber noch wegen des Feuchtigkeitsmessers 3,6 Fufs abgezogen, so daß also der Unterschied 9,9 Fufs macht.

Die Dalton'sche Theorie habe ich zu \div 11,7 Fufs angenommen.

Wendet man die Theorie von Dalton an, so hat man beim Monte Gregorio folgendes:

| Oc- to- ber 1809 | Berech- nete Höhe in Fufs. 1830. | Unterschied | | Oc- to- ber 1809 | Berech- nete Höhe in Fufs. 1830. | Unterschied | |
|---------------------------|--|-------------|----------------------------|---------------------------|--|-------------|----------------------------|
| | | in Fufs. | in Theile d. Ganzen. | | | in Fufs. | in Theile d. Ganzen. |
| 1 | 5253,4 | \div 6,1 | $\frac{1}{862}$ | 4 | 5256,4 | \div 3,1 | $\frac{1}{1698}$ |
| 7 | 5258,4 | \div 1,1 | $\frac{1}{4781}$ | 8 | 5259,4 | \div 0,1 | $\frac{1}{52595}$ |
| 17 | 5252,4 | \div 7,1 | $\frac{1}{741}$ | 18 | 5273,4 | + 13,9 | $\frac{1}{388}$ |
| 20 | 5266,4 | + 3,1 | $\frac{1}{1896}$ | 25 | 5249,4 | \div 10,1 | $\frac{1}{521}$ |
| 30 | 5272,4 | + 12,9 | $\frac{1}{468}$ | 31 | 5265,4 | + 5,9 | $\frac{1}{891}$ |

5260,6 Fufs.

5260,8 Fufs.

Die fünf ersten Beobachtungen geben . . . 5260,6 Fufs

Die geometrische Messung gibt . . . 5259,5 Fufs

Unterschied . . . 1,1 Fufs

| | |
|--|-------------|
| Die fünf letzten Beobachtungen geben . . . | 5260,8 Fufs |
| Die geometrische Messung giebt . . . | 5259,5 Fufs |
| Unterschied | 1,3 Fufs |

Der aus den 5 ersten Messungen erhaltene Unterschied ist 1,1 Fufs, welches $\frac{1}{3781}$ des Ganzen ist.

Der aus den 5 letzten Messungen erhaltene Unterschied ist 1,3 Fufs, welches $\frac{1}{3045}$ des Ganzen ist.

Ich habe umständlich hiervon in folgender Schrift geredet:

Ueber die Dalton'sche Theorie von J. F. Benzenberg. Düsseldorf bei Schaub 1830.

8.

Uebersicht über den Fehler der Messung und über den Fehler der Tafeln.

Wir haben demnach, wenn wir die Fehler der Tafeln, und die Fehler der Beobachtung nehmen, folgendes:

Die Tafel Nro. 1. die die Berichtigung der Wärme des Quecksilbers enthält, ist die Wahrscheinlichkeit sich zu irren, wie 1 zu 3895.

Die Tafel Nro. 2. enthält die Luftschichten, durch die man in die Höhe gestiegen ist, und die Wahrscheinlichkeit sich zu irren, ist wie 1 zu 1360.

Tafel Nro. 3. enthält die mittlere Wärme der Luft, und die Wahrscheinlichkeit sich zu irren, ist wie 1 zu 500.

Tafel Nro. 4. enthält die Feuchtigkeit der Luft, und die Wahrscheinlichkeit sich zu irren, ist wie 1 zu 5000.

Tafel Nro. 5. enthält die Veränderung der Schwere in Hinsicht der Breite, und die Wahrscheinlichkeit sich zu irren, ist wie 1 zu 100000.

Tafel Nro. 6. enthält die Abnahme der Schwere in Hinsicht der Höhe, und die Wahrscheinlichkeit sich zu irren, ist wie 1 zu 100000.

Tafel Nro. 7. enthält die Dalton'sche Theorie, und die Wahrscheinlichkeit sich zu irren, ist wie 1 zu 10000

Dieses alles gilt von einer einzelnen Messung. Und wirklich ist beim Monte Gregorio die Messung die am meisten abweicht, nämlich die vom 18. October 1809 um $\frac{1}{386}$ fehlerhaft. Aber es gilt nicht, wenn von einer ganzen Reihe Beobachtungen die Rede ist, wie es beim Monte Gregorio der Fall war. Hier waren 10 Beobachtung-Tage und da sich $+$ und $-$ gegen einander aufheben, so war es wie 1 zu 4400 wie die Beobachtungen solches ausweisen.

Dieses sind alle Erfahrungen, welche bei der Theorie mit der Quecksilberwaage in Betracht kommen.

Sie sind einfach und genau und setzen weiter nichts voraus, als die gewöhnliche Rechenkunst.
