

der Ebenen der der Aequinoctial-Gegend beinahe gleich war. Diese in der Abnahme der Wärme beobachtete Gleichheit, wenn man von einer und derselben Normal-Wärme der Ebenen ausgeht, hat zur Folge, daß die Winkeln unter 10° entsprechenden astronomischen Refractionen als dieselben erfunden worden sind unter dem Aequator und in gemäßigten Himmelsstrichen. Dieses, der Theorie Bouguer's widersprechende Resultat wird bestätigt durch die von mir in Südamerika und von Maskelyne auf Barbados angestellten Beobachtungen, welche zuerst Oltmanns berechnet hat.

Wir haben gesehen, daß man zwischen den Wendekreisen auf dem Rücken der Cordilleren in 2000 Metern Höhe, zwar nicht das Klima, aber die mittlere Temperatur von Calabrien und Sicilien findet; in unsrer gemäßigten Zone, unter dem 46ten Breitengrade, trifft man in derselben Erhebung die Mittel-Temperatur Laplands. Diese Vergleichung leitet uns zur genauen Kenntniß der zwischen den Höhen und den geographischen Breiten obwaltenden Zahlenverhältnisse: Verhältnisse, die man sehr ungenau in den Büchern über physische Erdkunde angegeben findet. Hier folgen die Resultate, welche sich mir aus den schärfsten Daten ergeben. In der gemäßigten Zone von den Ebenen an bis zu 1000 Metern Höhe vermindert jedes Hundert Meter perpendicularer Erhebung die

¹ Zudem die Temperatur sich unter der Aequinoctial-Zone sehr wenig während des ganzen Jahres verändert, so kann man sich einen ziemlich genauen Begriff von den Klimaten der Cordilleren machen, wenn man sie mit der Temperatur gewisser Monate in Frankreich oder Italien vergleicht. In den Ebenen des Orinoco findet man den August-Monat von Rom, in Popayan (911 Toisen) den August von Paris, in Quito (1492 Toisen) den Mai, in den Paramos (1800 Toisen) den März von Paris.

mittlere Jahres-Temperatur um dasselbe Quantum wie der Wechsel eines Breitengrades im Vorschreiten gegen die Pole. Vergleicht man nur die Mittel-Temperaturen des Sommers, so kommen die ersten 1000 Meter gleich $0^\circ,45$. Vom 40ten bis 50ten Breitengrade nimmt die mittlere Wärme der Ebenen in Europa um 7 Grade des hunderttheiligen Thermometers ab, und die gleiche Temperatur-Abnahme findet statt am Abhange der schweizer Alpen von 0 bis zu 1000 Metern Höhe.

Unterschiede der geogr. Breite verglichen mit den Höhen-Unterschieden.	Mittel- Wärme des Jahres.	Mittel- Wärme des Sommers.	Mittel- Wärme des Herbstes.
I. Im Niveau des Meeres:			
a) Breite 40°	17,3	25°	17°
b) Breite 50°	10,3	18	
II. Am Abhange der Gebirge:			
a) am Fuße, unter 46° Breite	12	20	11
b) in 1000 Metern Höhe .	5	14,7	6

Diese Zahlen-Verhältnisse sind abgeleitet von Beobachtungen, welche über die Temperatur der Luft angestellt wurden. Wir können das Wärme-Quantum nicht messen, welches durch die Sonnenstrahlen in dem Parenchym der Pflanzen oder im Inneren der im Reifen sich färbenden Früchte erzeugt wird. Das schöne Experiment Gay-Lussac's und Thénard's, die Verbrennung des Chlors und Wasserstoffs, beweist, wie mächtig das directe Licht auf die Theilchen der Körper einwirkt. Weil nun die Schwächung des Lichtes geringer auf den Gebirgen, in trockner, verdünnter Luft ist; so kommen der Mais, die Obstbäume und der Weinstock noch in Höhen fort, welche man nach unsern, in freier Luft und fern vom

Boden angestellten thermischen Beobachtungen als zu kalt ansehen sollte für den Anbau dieser dem Menschen nützlichen Pflanzen. Wirklich hat Decandolle, dem die Pflanzen-Geographie so viele werthvolle Beobachtungen verdankt, im südlichen Frankreich den Weinstock auf 800 Metern absoluter Höhe anbauen sehen, wenn dieser Anbau unter demselben Meridian sich kaum 4 Breitengrade nach Norden weiter erstreckte: so daß, wenn man nur die klimatischen Cultur-Verhältnisse in Frankreich ins Auge faßt, eine Erhebung von 100 Metern nicht einem, sondern einem halben Breitengrade entsprechen würde.¹

Ich will diese Abhandlung mit Aufzählung der wichtigsten Resultate beschließen, die wir, Leopold von Buch, Wahlenberg und ich, erlangt haben über die Vertheilung der Wärme im Inneren der Erde, vom Aequator bis zum 70° nördlicher Breite und von den Ebenen aufwärts bis zu 3600 Metern Höhe. Ich werde mich auf das Aussprechen von Thatsachen beschränken. Die Theorie, welche diese Phänomene verknüpft, findet sich vorgetragen in dem schönen analytischen Werke, mit welchem Fourier bald die allgemeine Physik bereichern wird. Man mißt die innere Temperatur des Erdkörpers entweder durch die Temperatur der Gruben oder der Quellen. Diese Art Beobachtungen ist leicht Irrthümern ausgesetzt, wenn der Reisende nicht die schärfste Aufmerksamkeit auf die örtlichen Umstände verwendet, welche die Ergebnisse beeinträchtigen können.² Die erkaltete Luft häuft

¹ S. meine Prolegomena de distrib. geogr. Plantarum p. 151—163.

² Leopold von Buch in der Bibliothèque britannique, Sciences et Arts T. XIX. 1802 p. 263; Saussure, Voyage dans les Alpes § 1418; Wahlenberg, de Veget. Helvet. Pl. LXXVII—LXXXIV; Gilbert's Annalen Bd. XLI. 1812

sich in den Höhlen an, welche mit dem Luftkreise durch senkrechte Oeffnungen im Verkehr stehn. Die Feuchtigkeit der Felsen erniedrigt die Temperatur durch die Wirkung der Verdampfung. Höhlen von geringer Tiefe erhitzen sich mehr oder weniger je nach der Farbe, Dichtigkeit und Mischung der Steinschichten, in welchen die Natur sie gebildet hat. Quellen zeigen eine zu starke Temperatur-Abnahme an, wenn sie mit großer Geschwindigkeit von beträchtlicher Höhe auf geneigten Schichten des Gesteins herabstürzen. Es giebt unter der heißen Zone und in unseren Himmelsstrichen solche, die im ganzen Jahre nicht um 2 oder 3 Zehntel eines Grades sich verändern; und es giebt andere, welche die Mittel-Temperatur der Erde nur dann anzeigen, wenn man sie allmonatlich prüft und das Mittel von allen Beobachtungen zieht.

Man nimmt wahr, daß vom Polarkreise nach dem Aequator und von dem Rücken der Gebirge nach den Ebenen hin die fortschreitende Zunahme der Wärme der Quellen sich mit der Mittel-Temperatur der umgebenden Luft vermindert. Das Innere der Erde ist zu Vadso in Lapland (Br. 70°) 2°,2; zu Berlin (Br. 52° 31') 9°,6; zu Paris (Br. 48° 50') 12°; zu Cairo (Br. 30° 2') 22°,5. Im äquinocialen Amerika habe ich es in den Ebenen 25° bis 26° gefunden. Es folgen hier Beispiele von der Abnahme des Wärme-Gehaltes im Inneren der Erde von den Ebenen an bis zum Gipfel der Gebirge: in der Schweiz, bei Zürich, Quelle von Ulliberg (467 Meter) 9°,4; Quelle des Koffboden auf dem St. Gotthard

S. 150, 160 und 277; Lambert, Pyrometrie S. 296. Noebud scheint, im Jahre 1775, die ersten genauen Begriffe über die Temperatur der Quellen und ihre Beziehungen zur mittleren Temperatur der Luft gehabt zu haben (Philos. Transact. Vol. LXV. p. 461).

(2136^m) 3°,5. Zwischen den Wendekreisen habe ich gefunden die Quellen bei Cumanacoa (350^m) 22°,5; zu Montferrate, oberhalb Santa Fé de Bogota (3256^m) 15°,5; in der Grube von Hualgayoc in Peru (3585^m) 11°,8.

In den Ebenen und bis zu 1000 Metern Höhe ist zwischen den Parallellkreisen von 40° und 45° die Mittel-Temperatur der Erde beinahe der der umgebenden Luft gleich; aber die sehr genauen Beobachtungen von Buch und Wahlenberg scheinen zu beweisen, daß in hohen Breiten so wie gegen den Gipfel der schweizer Alpen, jenseits 1400 bis 1500 Meter Höhe, die Quellen und die Erde 3° wärmer sind als die Luft.

Zone von 30° bis 50°	Mittel-Temp. der Luft.	Innere der Erde.
Cairo . . (Br. 30° 2') . . .	22°,6 . . .	22°,5
Ratchez . . (Br. 31° 28') . . .	18,2 . . .	18,3
Charleston . (Br. 33°) . . .	17,3 . . .	17,5
Philadelphia (Br. 39° 56') . . .	11,9 . . .	11,2
Genf . . (Br. 46° 12') . . .	9,6 . . .	10,4
Dublin . . (Br. 53° 21') . . .	9,5 . . .	9,6
Berlin . . (Br. 52° 31') . . .	8,5 . . .	9,6
Kindal . . (Br. 54° 17') . . .	7,9 . . .	8,8
Keswick . . (Br. 54° 33') . . .	8,9 . . .	9,2
Zone von 55° bis 70°		
Carlsrona . (Br. 56° 6') . . .	7,8 . . .	8,5
Upsala . . (Br. 59° 51') . . .	5,5 . . .	6,5
Umeå . . (Br. 63° 50') . . .	0,7 . . .	2,9
Badfoc . . (Br. 70°) . . .	-1,3 . . .	2,2.

Zu Enontekies, unter 68°½ Breite, beläuft sich der Unterschied zwischen der Mittel-Temperatur der Erde und Luft auf 4°,3. Ähnliche Unterschiede werden auf dem Rücken

der Alpen, über 1400 Meter Höhe, beobachtet. Ich habe in der kleinen nachfolgenden Tafel die mittleren Temperaturen der Atmosphäre hinzugefügt, indem ich mit Ramond die Abnahme von 1° für 164 Meter Höhe und die Null-Temperatur (nach den auf dem Hospiz des St. Gotthard gemachten Beobachtungen) auf 1950 Meter Erhebung ansetzte:

Rigi, kaltes Bad (1438 ^m)	Quelle 6°,5	Luft 3°,4
Pilat (1481 ^m)	" 5,0	" 3,0
blanke Alp . . . (1764 ^m)	" 3,0	" 2,1
Rosboden . . . (2136 ^m)	" 3,5	" -0,9.

Man könnte einwenden, daß in den schweizer Alpen die Wärme der Quellen nur vom Anfang Juni bis Ende September gemessen sei, und daß die Unterschiede zwischen der Luft und dem Inneren der Erde vielleicht ganz verschwinden würden, wenn die Temperatur der Quellen im Verlauf des ganzen Jahres bekannt wäre: aber man darf nicht vergessen, daß die Quellen der Alpen in dem Zeitraum von vier Monaten während der Beobachtungen Wahlenberg's nicht variiert haben; daß unter der kleinen Anzahl wenig ergiebiger Quellen, welche Temperatur-Veränderungen in den verschiedenen Jahreszeiten darbieten, diese Veränderungen sich schon vom Juni bis zum September auf 6 bis 8 Grade belaufen; daß endlich viele andere Quellen, besonders sehr reichhaltige, während eines ganzen Jahres nicht um einen Viertel-Grad des hunderttheiligen Thermometers variiren. Es scheint mir demzufolge ziemlich gewiß, daß da, wo die Erde mit einer dicken Schneelage bedeckt bleibt, während die Temperatur der Luft auf -15° oder -20° sinkt, die Temperatur der Erde über der Mittel-Temperatur der Luft ist. Bedenkt man, wie ungeheuer groß der vom Ocean bedeckte Theil der Erdfugel ist,

und untersucht man die Temperatur der tiefsten Wasserschichten; so wird man geneigt anzunehmen, daß auf den kleinen Inseln, längs der Küste und vielleicht selbst auf Continenten von geringer Breite die innere Wärme der Erde durch die Nähe der Steinschichten modificirt werde, auf welchen die Wasser des Oceans ruhen. Die tiefsten Wasserschichten sind unter dem Aequator um 22° kälter, unter dem 70° nördlicher Breite um 9° wärmer als die Mittel-Temperatur der umgebenden Atmosphäre. Zu Funchal auf der Insel Madera soll die Temperatur der Keller $16^{\circ},2$ sein, foglich 4° unter der Temperatur der Luft. (Philos. Transact. for 1778 p. 372.)

So habe ich denn nach einander in dieser Abhandlung die Vertheilung der Wärme betrachtet: 1) auf der Oberfläche der Erdfugel, 2) am Abhange der Gebirge, 3) im Ocean, 4) im Inneren der Erde. Bei Entwicklung der Theorie der isothermen Linien und ihrer, die verschiedenen Systeme von Klimaten bestimmenden Krümmungen habe ich mich bestrebt die Temperatur-Erscheinungen auf empirische Gesetze zurückzuführen; diese Gesetze werden um so einfacher erscheinen, als man allmählig dahin gelangen wird die numerischen Elemente zu vervielfältigen und zu berichtigen, welche die Ergebnisse der Beobachtung sind.

