

Zwischen Altenberg und Johannegeorgenstadt kann man, der geringen Höhendifferenzen wegen, eine Vergleichung nicht füglich anstellen.

Berechnet man hier wieder das mittlere Resultat nach der oben, bei Vergleichung der Oberflächentemperaturen, gebrauchten Formel  $\frac{S \cdot 100dh}{S \cdot h^2}$ , wobei ich für  $d$  an den Orten, wo mehrere Zeiträume zur Vergleichung vorliegen, das Mittel aus den einzelnen Resultaten genommen, übrigens aber auf die längere Zeitdauer keinen höhern Werth gelegt habe, so erhält man auf 100 Meter eine Wärmeabnahme von  $0,574^{\circ}$  C. oder auf  $1^{\circ}$  C. Wärmeabnahme eine Höhe von 174,2 Meter.

Für das Niveau des Meeres erhält man eine mittlere Lufttemperatur von  $9,27^{\circ}$  C., wobei aber nicht zu vergessen ist, dass die Beobachtungen einen zu kurzen Zeitraum umfassen, um ein ganz zuverlässiges Resultat zu liefern. Die Differenz zwischen dieser Temperatur der Luft und der früher gefundenen der Oberfläche im Niveau des Meeres ist 0,95, fast genau wie das oben aus den Vergleichungen der unmittelbaren Beobachtungen sich ergebende Mittel, und genau wie die Differenz bei Markus Röhling allein, dem einzigen Orte, wo die Beobachtungen der Oberflächentemperatur vollkommen frei von störenden Einflüssen waren.

### Bestimmung der Wärmezunahme mit zunehmender Tiefe unter der Oberfläche.

Nach dieser kleinen Abschweifung kehren wir zu unserm Hauptgegenstande zurück. Es ist aus den Be-

obachtungen der Tagesoberfläche und der verschiedenen Tiefen als endliches Resultat die Frage zu beantworten übrig: wie gross ist die Wärmezunahme bei gegebener Zunahme der Tiefe unter der Erdoberfläche? woraus sich dann von selbst die Tiefe ergibt, um welche man sich von der Erdoberfläche entfernen muss, um eine gegebene Wärmezunahme zu erhalten.

Haben zwei Punkte derselben Grube (denn verschiedene Gruben zu vergleichen würde völlig unstatthaft sein) über der Meeresoberfläche die Höhen  $H_1$  und  $H_2$  in Metern, so dass  $H_1$  dem höher gelegenen Punkte angehört und also  $H_1 > H_2$ ; seien die entsprechenden Temperaturen  $T_1$  und  $T_2$  in Centigraden: so geben diese beiden Punkte für die Tiefe von 100 Metern die Temperaturzunahme  $x = \frac{100(T_2 - T_1)}{H_1 - H_2}$ .

Dergleichen Bestimmungen von  $x$  wird man, mit Berücksichtigung der aus den übrigen Oberflächenbeobachtungen S. 116 abgeleiteten Oberflächentemperaturen von Beschert Glück, Methusalem, Wolfgang Maassen und Weisse Hirsch, und mit Hinweglassung der Beobachtungen von Ehrenfriedersdorf, 68 erhalten. Man kann sich sehr bald, und ohne wirkliche Ausführung der Rechnung, durch die blosse Ansicht der gefundenen Temperaturen überzeugen, dass die Grösse von  $x$  sehr verschieden, ja sogar bei Neue Hoffnung Gottes zu Bräunsdorf und dem Stockwerke zu Altenberg zum Theil negativ ausfällt; es bleibt daher zur annähernden Bestimmung dieser Grösse nichts übrig, als aus allen Resultaten das wahrscheinlichste Mittel abzuleiten. Die einzelnen Resultate haben jedoch einen sehr verschiedenen Werth, und dieser ist bei der Her-

leitung des Endresultats gehörig zu berücksichtigen, um demselben die grösstmögliche Wahrscheinlichkeit zu geben. Der Werth jedes einzelnen Resultats wird abhängen von

- der Zeitdauer der Beobachtung;
- der Höhendifferenz der beiden verglichenen Punkte;
- dem geringern oder grössern Einflusse fremdartiger Verhältnisse auf die beobachtete Temperatur.

Es wird der Werth des Resultates wachsen mit der Dauer der Beobachtungszeit, jedoch nicht in einfachem Verhältnisse, was viel zu viel wäre, denn es kann unmöglich eine Beobachtung doppelt so viel Werth nach zwei als nach einem Jahre haben. Ich nehme an, ihr Werth wachse wie die 4ten Wurzeln aus der Beobachtungszeit; allerdings eine Willkührlichkeit, die sich jedoch nicht vermeiden lässt.

Dagegen wird der Werth jedes  $x$  der Höhendifferenz grade proportional sein.

Um den Werth in Bezug auf störende Einflüsse, also in Bezug auf die mehr oder minder günstige Aufstellung des Thermometers, bestimmen zu können, bietet sich ein Anhalten dar, welches alle Willkührlichkeit entfernt. Es ist nemlich einleuchtend, dass in der Regel die Temperatur eines tiefer gelegenen Punktes sich um so beständiger zeigen wird, je geringer die störenden Einflüsse waren; denn es ist zwar möglich, dass die vorbeiziehende Luft Sommer und Winter denselben erwärmenden oder erkältenden Einfluss ausübe; es ist denkbar, dass während der ganzen Beobachtungszeit in der Nähe befindliche Arbeiter die Temperatur um eine sich gleich bleibende Grösse erhöhten; es kann vorkommen, dass ein Beobachtungspunkt durch die

vielleicht seit Jahrhunderten eindringenden Tagewasser für beständig um eine gewisse Grösse abgekühlt worden sei; — allein der erste Fall ist sehr unwahrscheinlich, hat einmal die vorbeiziehende Luft einen bedeutenden Einfluss auf die Gesteinstemperatur, so wird er auch schwerlich Sommer und Winter derselbe sein, wie sich denn auch aus der Betrachtung der einzelnen Punkte ergibt, dass, wo der Wetterwechsel sehr schwach war, auch eine sehr constante Temperatur beobachtet wurde, und umgekehrt; der zweite Fall ist fast durchgängig bei Auswahl der Beobachtungspunkte vermieden worden; der dritte Fall allein, glaube ich, kommt häufig vor, und hat auf das Endresultat einen merklichen Einfluss, doch wüsste ich ihn nicht zu beseitigen. — Sonach nehme ich an, dass der Werth des Resultates wachsen muss mit der Abnahme der Differenz zwischen dem höchsten und tiefsten Stande des beobachteten Thermometers. Ich glaube jedoch, dass dieser Einfluss ein zu grosses Gewicht erhalten würde, wenn man den Werth der beobachteten Differenz umgekehrt proportional setzen wollte, und ich bringe daher nur die Quadratwurzel dieser Differenz in Rechnung. Hat man zwei tiefer gelegene Punkte zu vergleichen, so sind die Quadratwurzeln aus ihren Schwankungen zu summiren; hat man aber einen Punkt nahe unter der Erdoberfläche mit zu vergleichen, bei welchem die Veränderlichkeit der beobachteten Temperatur keine ungünstige Aufstellung anzeigt, und daher nicht zum Anhalten dienen kann, so ist für diesen die Differenz der beobachteten und der (S. 116) berechneten Temperatur in Ansatz zu bringen. — Ist endlich die Temperatur der Erdoberfläche nicht beob-

achtet, sondern nur berechnet, so substituire ich für diesen Fall den wahrscheinlichen Fehler, der sich für die Bestimmung der mittleren Temperatur der Oberfläche in unserer Breite im Niveau des Oceans ergeben hat = 0,112.

Die Anzahl der einzelnen Beobachtungen kann den Werth des Resultates nicht erhöhen, da sie in jedem Falle zahlreich genug sind, um die mittlere Temperatur jedes einzelnen Monates richtig zu geben, es also gleichgültig ist, ob man an einem Punkte innerhalb eines Monates 30 Mal oder 8 Mal beobachtete. Nur bei Methusalem ist noch weit seltener beobachtet worden, aber hier ist die Temperatur so constant, dass häufigeres Ablesen auch kein anderes Resultat gegeben haben würde.

Nennt man daher den Werth eines Resultates =  $P$ , die Zeitdauer der Beobachtung =  $\tau$  in Monaten; die Höhendifferenz der verglichenen Punkte, wie oben =  $H_1 - H_2$  in Metern; die Differenz zwischen dem höchsten und tiefsten Thermometerstande am obern Punkte =  $D_1$  und am untern =  $D_2$  in Centigraden: so erhält man:

$$P = \frac{(H_1 - H_2) \sqrt[4]{\tau}}{\sqrt{D_1 + D_2}}$$

Auf diese Weise ergibt sich folgende Tafel, bei welcher nur noch zu bemerken, dass die in der zweiten Columnne enthaltenen Nummern von oben nach unten gezählt wurden, und die Erdoberfläche, im Falle ihre Temperatur nicht durch Beobachtung, sondern durch Rechnung gefunden worden ist, sich mit 0 bezeichnet findet.

Name der Grube.	Nummer der ver- gleichenen Punkte.	$H_1 - H_2$		$T_2 - T_1$	$\tau$	$\sqrt{D_1 + \sqrt{D_2}}$	x	$P^2$
		Meter.	Centigr.					
		Meter.	Centigr.	Mt.	Centigr.	Centigrad.		
Himmels- fürst Fdgr.	1.2.	81,3	+2,67	36	0,8849	+3,284	50646	
	1.3.	158,5	4,23	36	0,8702	2,669	199054	
	1.4.	248,0	5,17	36	0,9508	2,085	408203	
	2.3.	77,2	1,56	36	0,6781	2,021	77768	
	2.4.	166,7	2,50	36	0,7587	1,500	289656	
Besichert Glick Fdgr.	3.4.	89,5	0,94	36	0,7440	1,050	86826	
	0.1.	113,9	1,92	36	1,1714	1,686	56727	
	0.2.	223,2	3,95	36	0,7347	1,770	553758	
	0.3.	298,5	7,52	6	0,6175	2,523	570472	
	0.4.	329,5	7,06	29	1,7941	2,143	181642	
	0.5.	388,0	10,39	3	0,7590	2,678	452627	
	1.2.	109,3	2,03	36	1,2367	1,857	46866	
	1.3.	184,6	5,60	6	1,1195	3,034	66603	
	1.4.	215,6	5,14	29	2,2961	2,384	47480	
	1.5.	274,1	8,42	3	1,2610	3,090	81837	
Churprinz Friedrich August Erbst.	2.3.	75,3	3,57	6	0,6828	4,747	29711	
	2.4.	106,3	3,11	29	1,8594	2,926	17600	
	2.5.	164,8	6,44	3	0,8243	3,908	69216	
	3.4.	31,0	-0,46	6	1,7422	-1,484	776	
	3.5.	89,5	+2,87	3	0,7071	+3,207	27749	
	4.5.	58,5	3,33	3	1,8837	5,692	1671	
	1.2.	117,3	3,58	36	1,6825	3,052	29163	
	1.3.	194,9	4,82	36	1,2844	2,473	138157	
	1.4.	301,0	7,46	36	1,4691	2,478	251873	
	2.3.	77,6	1,24	36	1,7837	1,598	11356	
Neue Hoff- nung Gottes Erbst.	2.4.	183,7	3,88	36	1,9684	2,112	52257	
	3.4.	106,1	2,64	36	1,5703	2,488	27391	
	1.2.	97,4	2,80	27	1,2464	2,875	31731	
	1.3.	168,8	1,22	27	2,0012	0,723	36968	
	1.4.	243,7	3,62	26	2,1296	1,485	66773	
	2.3.	71,4	-1,58	27	1,9210	-2,213	7178	
	2.4.	146,3	+0,82	26	2,0494	+0,560	25985	
Methusa- lem Fdgr. St. Georg Fdgr.	3.4.	74,9	2,40	26	2,8042	3,204	3638	
	0.1.	70,0	0,69	33	0,5993	0,986	78373	
	1.2.	108,8	0,90	27	1,4339	0,827	29916	

Name der Grube.	Nummer der ver- gleichenen Punkte.	$H_1 - H_2$	$T_2 - T_1$	$\tau$	$\sqrt{D_1 + \sqrt{D_2}}$	x	P <sup>2</sup>
		Meter.	Centigr.	Min.	Centigr.		
Urbanus	1.2.	39,4	+0,48	27	1,4381	+1,218	3896
Stolla und							
Fundgr.							
Wolfgang	0.1.	67,4	1,06	27	0,7930	1,573	37474
Maassen.	0.2.	136,2	3,56	27	0,7089	2,614	135972
	0.3.	208,0	4,67	26	0,9980	2,245	221489
	1.2.	68,8	2,50	27	0,8325	3,634	35489
	1.3.	140,6	3,61	26	1,1216	2,568	80127
	2.3.	71,8	1,01	26	1,0375	1,407	24421
Weisse	0.1.	47,6	0,98	27	1,5430	2,059	4945
Hirsch	0.2.	106,4	0,82	27	1,4117	0,771	29518
Fdgr.	0.3.	155,4	4,20	27	1,2834	2,703	76183
	0.4.	220,0	6,79	18	1,1593	3,086	152788
	1.2.	58,8	-0,16	27	2,2853	-0,272	3440
	1.3.	107,8	+3,22	27	2,1570	+2,987	15141
	1.4.	172,4	5,81	18	2,0329	3,370	30513
	2.3.	49,0	3,38	27	2,0257	6,898	3040
	2.4.	113,6	5,97	18	1,9016	5,255	12905
	3.4.	64,6	2,59	18	1,7733	4,009	5630
Gnade Got- tes u. Neu- jahrs Maas- sen.	1.2.	140,7	3,14	27	0,6479	2,232	245000
Erla Ro- thenberg.	1.2.	65,6	2,35	27	0,9571	3,582	24410
	1.3.	137,9	3,47	27	1,2170	2,516	66716
	2.3.	72,3	1,12	27	1,1543	1,549	20385
Markus	1.2.	118,2	4,38	27	1,5105	3,706	31818
Röhling	1.3.	224,0	7,83	27	1,4842	3,496	118357
Fdgr.	1.4.	313,1	11,34	27	1,3857	3,622	265283
	2.3.	105,8	3,45	27	1,1399	3,261	44763
	2.4.	194,9	6,96	27	1,0414	3,571	182000
	3.4.	89,1	3,51	27	1,0151	3,939	40033
Stockwerk zu Alten- berg.	1.2.	130,2	-0,30	24	1,4195	-0,230	41215
	1.3.	179,1	+2,27	24	1,0167	+1,267	152024
	1.4.	246,1	4,45	24	0,9080	1,808	359880
	2.3.	48,9	2,57	24	1,3408	5,256	6516
	2.4.	115,9	4,75	24	1,2321	4,098	43449
	3.4.	67,0	2,18	24	0,8293	3,254	31977

Daraus ergibt sich als Hauptresultat

$$\frac{S \cdot P^2 X}{S \cdot P^2} = \frac{15833358}{6624444} = 2,390^\circ \text{ C. Wärmezu-}$$

nahme bei 100 Meter Tiefe, oder 41,84 Meter Tiefe für 1° C. Wärmezunahme. —

Vorausgesetzt, dass bei diesen Beobachtungen kein constanter Fehler vorhanden ist, so wäre der wahrscheinliche Fehler bei obiger Bestimmung = 0,065° C.

Um über die Wahrscheinlichkeit eines constanten Fehlers zu urtheilen, ist zu erwägen, dass einige Einflüsse erhöhend, andere erniedrigend auf die Temperatur der Grube einwirken. Die erwärmenden Einflüsse dürften bestehen in: der Gegenwart der Arbeiter und der Lichter, dem Sprengen mit Pulver, zuweilen auch dem Feuersetzen und der Compression, welche die Luft beim Eindringen in tiefere Räume erleidet. — Die erkältenden Einflüsse möchten sein: das Eindringen der atmosphärischen Luft und des Wassers der Oberfläche, da ihre mittlere Temperatur nicht allein niedriger ist, als die der Gruben, sondern auch die Luft stärker einzufallen pflegt, wenn sie kalt, als wenn sie warm ist (conf. Cordier in Ann. des min. deux. ser. T. II, pag. 64), und die Dampfbildung beim Eintritt nicht mit Feuchtigkeit gesättigter Luft. Dass die erkältende Einwirkung sehr merklich sein kann, zeigen, auch abgesehen von dem ganz anomalen Sauberge, die Beobachtungen auf dem Stolln und der neunten Gezeugstrecke von Beschert Glück (S. 26 u. 35) und auf der Heinrichssohle im Altenberger Stockwerk (S. 105), wo die Luft eine geringere Temperatur zeigt, als das Gestein; so wie die Beobachtungen der fünften und siebenten Gezeugstrecke von Neue Hoffnung Got-

tes (S. 53 u. 55) und der 36 und 75 Lachter Strecke auf Weisse Hirsch (S. 75 u. 77), wo die Temperatur jedesmal nach dem Ersaufen und Wiedergewältigen der Strecke höher gefunden wurde als früher (conf. auch Gilberts Annalen Bd. 76, S. 422).

Ob die erwärmenden oder die erkältenden Einflüsse überwiegend seien, auf welcher Seite daher bei obiger Bestimmung ein constanter Fehler liege, dürfte schwer auszumitteln sein. Um einigermassen hierüber zu einem vorurtheilsfreien Urtheile zu kommen, habe ich im Obigen bei jeder Beobachtung zu ermitteln gesucht, ob die gefundene Temperatur zu hoch oder zu niedrig sein dürfte. Bei vielen Beobachtungspunkten liess sich nichts darüber aussagen, dagegen war eine grössere oder geringere Wahrscheinlichkeit dafür, dass die Temperatur

zu niedrig gefunden wurde bei

Himmelsfürst, 1ste Gezeugstrecke;

Beschert Glück, Fürstenstolln und

5te Gezeugstrecke;

Neue Hoffnung Gottes, 5te und

7te Gezeugstrecke;

Wolfgang Maassen, 51 Lachter Strecke;

Weisse Hirsch, Lange Strecke,

36 Lachter- und

75 Lachterstrecke;

Altenberger Stockwerk, Heinrichssohle.

Dagegen zu hoch dürfte sie angegeben sein, bei

Himmelsfürst, Halbvierte Gezeugstrecke,

Churprinz, 3te,

5te und

8te Gezeugstrecke;

Urbanus, 12 Lachter Strecke;

Altenberger Stockwerk, erste Sohle im Páptopfer Gesenk.

Schon die überwiegende Anzahl der erstern scheint anzudeuten, dass der Fehler auf der Seite des zu Wenig grösser sei, als auf der Seite des zu Viel; dazu kommt, dass auch aus der Vergleichung mit Beobachtungen in andern Gegenden, so wie mit den weiter unten aufzuführenden Beobachtungen von Himmelfahrt bei Freiberg hervorzugehen scheint, dass die Temperaturzunahme etwas zu gering gefunden wurde. Vielleicht liegt der Grund davon in dem hohen Alter der meisten der angewendeten Gruben, indem ich glaube, dass das offene Grubenbaue umgebende Gebirgsgestein durch das immerwährende Eindringen kälteren Wassers und kälterer Luft einer allmäligen Erkältung unterworfen ist, die, abgesehen von allen andern Einflüssen, einer gewissen Grenze entgegen geht, die vielleicht bei Methusalem, wo die störenden Einflüsse so unbedeutend sind, und demnach die Temperaturzunahme sich so gering zeigt, bei dem, mehrere Jahrhunderte betragenden Alter der Grube ziemlich erreicht wurde. — Doch muss diese Grenze nothwendig eine verschiedene Grösse haben, bei verschiedenem Wasserzudrang und Wetterwechsel (conf. oben S. 58).

Da auf mehreren Gruben mehr als zwei Punkte unter einander beobachtet wurden, so kann man fragen: ob die Temperaturzunahme mit der Tiefe proportional sei? Die verschiedenen Gruben geben hierauf aber so widersprechende Antworten, dass die Frage gänzlich unerledigt bleibt. Z. B. bei Himmelsfürst nimmt die Temperatur mit der Tiefe ab; bei Beschert Glück

nimmt sie zu; bei Churprinz und Markus Röhling nimmt sie erst ab, und dann wieder zu; bei Wolfgang Maassen nimmt sie erst zu und dann wieder ab. Diese grosse Verschiedenheit verhindert mich auch, das wahrscheinlichste Gesetz, welches die Beobachtungen geben, aufzusuchen.

### Wiederholung der Hauptresultate.

1) Die Temperatur der Erdoberfläche im Sächsischen Erzgebirge würde im Niveau des Meeres  $10,22^{\circ}$  C. betragen, und auf je 100 Meter Höhenzunahme um  $0,517^{\circ}$  C., oder auf 193,4 Meter um  $1^{\circ}$  C. abnehmen.

2) Die mittlere Lufttemperatur im Niveau des Oceans würde ebendasselbst  $9,27^{\circ}$  C. sein, und die Abnahme derselben  $0,574^{\circ}$  C. auf 100 Meter, oder  $1^{\circ}$  C. auf 174,2 Meter.

3) Die mittlere Temperatur der Erdoberfläche ist bei uns fast  $1^{\circ}$  C. höher als die aus der Beobachtung eines frei im Schatten hängenden Thermometers abgeleitete mittlere Lufttemperatur.

4) Die Wärmezunahme im Innern beträgt auf 100 Meter  $2,39^{\circ}$  C., oder 41,84 Meter auf  $1^{\circ}$  C.

### Beobachtung einer Grubentemperatur, auf eine von frühern verschiedene Art.

Ausser den bisher behandelten Beobachtungen ist von mir eine auf andere Art angestellt worden, auf welche mich Herr Bergmeister von Weissenbach aufmerksam machte, und die unter so günstigen Um-