

XI.

Untersuchungen über die Isogeothermen der Alpen.

Von Dr. Adolph Schlagintweit.

(Auszug aus Poggendorff's Annalen, Bd. LXXVII. S. 305.)

Mit Tafel VII.

Als Grundlage zu allen Untersuchungen über die Bodentemperatur wurden die Beobachtungen über die Temperatur der Quellen benützt.

Die Quellen verdanken ihren Ursprung dem von der Oberfläche einsickernden Wasser. Das Wasser, welches in jedem Stollen herabträufelt, gibt den Beweis dafür. Selbst in den Bergwerken in der Görnitz 5766 Fuss, in Rauris 7500 Fuss und auf der Goldzeche 8858 Fuss, wird 20 bis 30 Fuss vom Eingange entfernt schon viel Wasser sichtbar.

Die einfachsten Quellen sind jene, die im directen Verhältnisse zur Lage und Neigung der Gebirgsschichten stehen. Das Wasser sammelt sich dabei an den Schichtflächen, folgt ihrer Richtung und tritt an den Schichtenenden zu Tage.

Eine andere Reihe von Quellen ist vorzugsweise auf den Rand und auf den Fuss von Terrassen oder steilen, ungleichmässig geneigten Abhängen von verschiedener Höhe beschränkt, wie man diese besonders in den Schiefergebirgen so häufig findet. Die Quellen kommen hier aus Spaltungen hervor, und ihre Abhängigkeit von der Oberflächengestaltung beweist, in welcher inniger Verbindung die letztere mit der inneren Structur des Gebirges steht. Würde sie blos durch Auswaschungen, und Abrutschungen bedingt sein, so würden die Quellen dieser Art an ganz beliebigen Stellen zu Tage treten.

Dieselben können für die Vegetation von grosser Wichtigkeit werden, die wieder umgekehrt oft interessante Fingerzeige für die Vertheilung und das Vorhandensein von solchen Wässern an die Hand gibt.

Zu einer dritten Reihe von Quellen sind jene zu rechnen, die fast ganz unabhängig von der Richtung der Schichten mit der Gestalt der Oberfläche und der Thalbildung so sehr zusammenhängen, dass man oft aus dem blossen Anblick über die Wahrscheinlichkeit einer Quellenbildung an einem bestimmten Punkte entscheiden kann. Sie treten meistens in kleinen Mulden, in welchen sich eine Furche, ein Einschnitt gleichsam als Mittellinie herabzieht, zu Tage. Der Ursprung der Quelle liegt stets in dieser Mittellinie. Alle Wasserfäden von den Seiten müssen sich in ihr sammeln, und an der Stelle des geringsten Widerstandes bilden sie eine reiche Quelle.

Die vorigen Beobachtungen beziehen sich hauptsächlich auf die Schiefergebirge; im Kalkgebirge sind die Verhältnisse im Allgemeinen analog; jedoch

erleidet hier die Entstehung und Temperatur der Quellen oft bedeutende Modificationen durch die Schichtenabsonderung und die so häufige Zerklüftung des Gesteines. Die Quellwasser vereinigen sich in den Klüften, stürzen aus grossen Höhen rasch hinab, und treten mit einer Temperatur zu Tage, die sie aus den höheren Regionen mitgebracht haben. Diess ist sehr schön bei den Quellen der Isar zu beobachten; die ersten dieser Quellen entspringen im Lafatsch-Thale in Tirol bei einer Höhe von 5727 P. Fuss am Fusse von senkrechten Kalkwänden, worunter das 8153 Fuss hohe Spekhorn sich befindet. Die mächtigste Quelle zeigte 3,4° C. die kleineren, welche leichter die Temperatur des Gesteines annehmen konnten 3,5 bis 5,9. Die zweiten Quellen, die eine Meile weiter unten im Thale, wo diess eine plötzliche Senkung von 500 Fuss Höhe bildet, zu Tage treten, sind ungewöhnlich reich; die grösseren zeigten eine Temperatur von 4,6, die kleineren von 5 bis 6,2.

Die Höhe bei welcher Quellen in den Alpen noch vorkommen können, hängt nicht nur von der Gestaltung des Gebirges, sondern auch von den klimatischen Verhältnissen ab; indem in den höheren Regionen die Form der atmosphärischen Niederschläge der Quellenbildung nicht sehr günstig ist. Sie bestehen hier aus feinen Schneeflocken und aus starkem Thau und Reif, die an den nackten Felsengipfeln entweder rasch verdunsten oder nur dazu dienen, um die Firnenmassen zu vermehren.

Die höchste Quelle die beobachtet wurde, kommt bei einer Höhe von 8858 P. Fuss in einem Stollen der Goldzeche in dem grossen Fleuss bei Kärnten vor. Von dieser Höhe abwärts werden sie immer häufiger. Man kann also die Gränzen der Quellen für die Centralalpen zwischen 8500 und 9000 P. Fuss annehmen; die mittlere Gipfel- und Kammhöhe gleich 10,500 bis 11,000 gesetzt, erhält man als Abstand der Quellengränze 2000 Fuss. Da die mittlere Gipfel- und Kammhöhe in den nördlichen Kalkalpen nur bis zu 7800 Fuss ansteigt, so wird natürlich die Quellengränze tiefer liegen, man kann sie hier auf 6000 bis 6500 P. Fuss setzen. Dass der Abstand der Quellengränze von den Gipfeln nicht so gross ist, als bei den Centralalpen, hat seinen Grund darin, dass die Kalkberge nicht in jene Regionen hinaufreichen, wo durch die Kälte und das Schneewasser eine so bedeutende Depression der Quellengränze bewirkt wird. Man kann im Allgemeinen sagen, die Gränze der Quellen steht in directer Beziehung zur Höhe des Gebirges, welches Verhältniss nur bei sehr grossen Erhebungen durch den Einfluss des Klimas modificirt werden kann.

Bei Erörterung der Frage, ob die Wärme der Quellen als etwas Constantes zu betrachten sei, dessen Bestimmung für allgemeine geothermische Verhältnisse wichtig wäre, stellt sich heraus, dass bei der Abhängigkeit der Bodentemperatur von der Lufttemperatur, tägliche Schwankungen nur bis zu einer Tiefe von 3,86 Fuss, jährliche nur bis zu 73,33 Fuss im Mittel stattfinden, tiefer jedoch eine constante Bodentemperatur herrsche, als der Endausdruck der gesammten klimatischen Verhältnisse eines Ortes.

Die absolute Identität der Quellen und Bodentemperatur konnte wegen Unausführbarkeit von Bohrversuchen im festen Gestein nicht nachgewiesen werden, doch dürfte in keinem Falle ein sehr beträchtlicher Unterschied sich zeigen.

Die Temperatur der Quellen scheint das ganze Jahr hindurch eine ziemlich gleichmässige zu sein, die Schwankungen, welche man bisweilen beobachtet, dürften von der Beschaffenheit des umgebenden Gesteins abhängen; und bei gehöriger Berücksichtigung dieser und anderer Nebenumstände, welche Modificationen in der Temperatur der Quellen hervorbringen können, werden sich auf dem eingeschlagenen Wege immerhin wichtige und allgemein gültige Resultate gewinnen lassen.

Die folgenden 4 Tabellen stellen die gemachten 37 Beobachtungen dar; die Höhenbestimmungen wurden dabei mit aller Sorgfalt ausgeführt; eine 5. Tabelle gibt einige fremde Beobachtungen zur Vergleichung mit den eigenen.

Tabelle 1. Nördliche Kalkalpen.

Nr.	Quelle	Höhe	Temp.	Bemerkungen
1	Quellen bei München.....	1540	9·0	Starke Quellen am Fusse der Geröll und Nagelfluhe Abhänge des rechten Isar-Ufers. Mittel aus einigen Quellen.
2	Kleine Quelle am östl. Ufer des Starnberger Sees, am Fusse der Hügel von Berg.	1785	9·6	Die Temperatur dürfte wohl um einige Zehntel zu hoch sein.
3	Hall, am Fusse der Kalkberge zur Linken des Innthales..	2015	8·6	Mehrere Quellen zeigten ganz dieselbe Temperatur. Mässig stark, in der Nähe die ersten Latschen.
4	Krün, im Isarthale. Linke Seite.....	2520	7·5	Starke Quelle unter den Hügeln, welche das Erosionsflussbeet der Isar bilden.
5	Hinteranthal, oberhalb Scharnitz. Rechte Seite.....	3020	6·2	Mehrere Quellen; nicht sehr stark, aus Felsenspalten.
6	Kohlstattalpe auf der Benediktenwand.....	3113	5·6	Mehrere Quellen; unter Felsen.
7	Quelle in der Eiblersklamm bei den letzten Platanen, etwas unter der unteren Hausstattalpe. Benediktenwand.....	3750	5·4	Nicht sehr stark.
8	Zweite Quelle der Isar, im Kasten, in der Nähe der Gunglalpe	3664	4·6	Ungemein starke Quelle.
9	Erste Quelle der Isar, im Haller Anger, im Lafatschthale.....	5726	3·4	Die Hauptquelle; die kleineren Arme waren wärmer.

Tabelle 2. Centralalpen — Tauern.

Nr.	Quellen	Höhe	Temp.	Bemerkungen
1	Quellen zur Linken des Möllthales, oberhalb der Brücke von Winklern.....	2878	6·7	Ursprung unter engen, grossen Felsenblöcken am Fusse sehr steiler Abhänge; sie scheint aus der Höhe herabgestürzt und etwas zu kalt zu sein.
2	Rechte Seite des Möllthales am Ende der Döllacher Klamm, neben der Brücke..	3168	6·9	Mehrere Quellen dringen am Fusse der rasch sich erhebenden Wände hervor; die Wassermasse ziemlich gross; 6·9 die kältesten, andere mehr zwischen Rasen 7·0 und 7·1.
3	Möllthal, Klamm zwischen Dölllach und Packhorn.....	3420	6·8	Mässig starke Quelle aus einer Felsenspalte.
4	Möllthal. Becken von Heiligenblut, rechte Thalseite am Fusse der Wände aus der Gössnitz.....	3940	6·7	Mehrere starke Quellen zeigten ganz dieselbe Temperatur.
5	Fuscherthal. Gebirgszüge zur Rechten, an der Gränze der Platanen.....	4293	6·4	In einem kleinen Thaleinschnitt; mässig starke Quelle.
6	Quelle bei der Bricciuscapelle. Obere Fortsetzung des Möllthales.....	4994	6·0	Sehr starke Quelle am Fusse der Abhänge des Wasserradkopfes.
7	Gebirgszüge zur Rechten des Möllthales; gegen das Gip-pachthal zu; in der Nähe der Alpe Kaserock.....	5130	5·8	
8	Stark geneigte Abhänge von dem Heiligenbluter Becken gegen das Gössnitzthal hin-auf.....	5256	5·4	
9	Grubenwasser in dem Hauptstolln in der Gössnitz.....	5796	5·0	Hundert Schritte vom Eingang entfernt. Alle einzelnen Wasserfäden zeigten dieselbe Temperatur.
10	Auf der Margeritze, obere Fortsetzung des Möllthales. Abhänge zur Rechten gegen die untere Seite.....	6525	3·1	Mehrere schwache Quellen an dem Punkte, wo die Terrasse der unteren Seite jäh gegen das Flussbeet der Möll abbricht.

Nr.	Quellen	Höhe	Temp.	Bemerkungen
11	Petersbrunn; Gebirgszug zur Rechten des Fuscherthales, in einem secundären Kahr, dem unteren Nassfeld.	6581	3·4	Sehr starke, schöne Quelle.
12	Am Trog. Terrasse zwischen dem ersten Leiterkopf und der Margeritze; obere Fortsetzung des Möllthales.	6850	4·2	Mehrere kleine Quellen aus Felsenspalten an den Schichtenköpfen.
13	Südliche Abfälle der Freiwand gegen das Thal des Pfandelbaches zu (oberes Möllthal)	7020	3·1	} Mehrere Quellen entsprangen hier aus Gneis und Chloritschiefern; sie zeigten constant diese Temperatur, auch wenn sie in etwas verschiedenen Höhen zu Tage traten.
14	Desgleichen. Etwas mehr gegen das obere Ende des Thales „im Land“	7148	3·1	
15	Abhänge des Wasserradkopfes gegen das obere Möllthal herab	7190	3·4	Schöne Quelle am Fusse einer etwas steilen Abdachung.
16	Johannisquelle auf der Gamsgrube, linke Seite des Pasterzengletschers	7581	3·0	Mittel mehrerer Beobachtungen. Ungemein schöne und starke Quelle.
17	Hochthor; am Heiligenbluter Tauern; Pass zwischen Möll und dem Rauristhal.	8128	1·9	Nicht sehr starke Quelle auf der Kammhöhe. Zur Seite noch einige beträchtliche Erhebungen.
18	Salmshöhe. Am Fusse der Abfälle der Leiterköpfe, zur Linken des Thales	8223	2·7	Mehrere Quellen; kamen theilweise unter Schutt hervor; zeigten da n, wo sie nicht mehr ganz original waren, 2·8, 3·0 selbst 3·5.
19	Im Stollen der Goldzeche; Bergwerk auf der grossen Fleuss im Möllthale	8858	0·8	Grubenwasser; blieb sich bei 20 Schritt Entfernung vom Eingang bis zu 50 Schritt gleich.

Tabelle 3. Centralalpen. — Umgebungen des Brenner.

Nr.	Q u e l l e n	Höhe	Temp.	B e m e r k u n g e n.
1	Nordöstliche Abhänge des Jaufen, in der Nähe des Dorfes Gasteig.....	3951	5·2	Starke Quelle, als Brunnen benutzt.
2	Jaufen; nordöstliche Abhänge, am Fusse einer jähren Abdachung	5770	4·4	Mehrere Quellen; zeigten ganz dieselbe Temperatur.
3	Dessgleichen, hart an der Baumgränze.....	5907	3·7	Mässig stark.
4	Jaufen, über der Baum- und Strauchgränze, einige 100 Fuss unter der Passhöhe..	6310	3·2	Mehrere kleine Quellen.
5	Timbls; unter der Passhöhe; gegen das Gurglerthal zu...	7030	2·2	

Tabelle 4. Südabfall der Alpen.

Nr.	Q u e l l e n	Höhe	Temp.	B e m e r k u n g e n.
1	Eisackthal; über der Franzensfeste; linke Thalseite, in der Nähe der Gränze der Kastanien.....	2220	10·1	Das Thal ist ziemlich eng eingeschnitten; die Quelle dringt am Fusse der Abhänge hervor; ganz original; aus Granit.
2	Auf den terrassenartigen Anhöhen zwischen dem Eisack- und Rienzthale (Mühlbach bis Franzensfeste)	2300	11·0	Aus Granit; nicht sehr stark, aber doch ganz zuverlässig. Exponirt gegen Süden. Schöne Kastanien und Weinreben ringsum.
3	Ober-Pusterthal; rechte Thalseite; Glimmerschiefer; — zwischen Mederndorf und Brunneck bei Ollang.....	3040	8·9	Ueber der Wallnuss- und Kastaniengränze.
4	Quelle der Drau zur Rechten des Pusterthales auf der Höhe von Toblach; aus Kalk	4198	5·3	Zwei schöne starke Quellen in geringer Entfernung.

Tabelle 5. Fremde Beobachtungen.

A. Beobachtungen von Unger.

Nr.	Ort	Höhe	Temp.	Nr.	Ort	Höhe	Temp.
1	Erpfendorf	1770	8·8	6	Beim Reichen	4070	4·9
1	Kitzbüchel	2350	7·6	7	Lachthalalpe	4780	3·57
3	Langau	2420	7·25	8	Gebra	5100	3·5
4	Wolfgangbrunnen	2857	6·6	9	Streiteck	5550	3·6
5	Ehrenbachcapelle	2870	6·1				

B. Beobachtungen von Wahlenberg.

1	Zweiter Samling	1451	9·4	11	Kaltebad Schwander-		
2	Albisrieden	1716	8·0		Allmend	4465	5·6
3	Peterzell	2408	7·7	12	Frachmunt	4593	5·3
4	Ebenalp	2714	6·3	13	Kamor	4667	5·0
5	Engelsberg	3040	6·5	14	Schwarzberg	4674	5·5
6	Guttannen	3253	6·2	15	Lactis Lunae Pilatus	5262	4·1
7	Hochalp	3825	5·9	16	Staffelsberg	5345	3·8
8	Sewelibrunn	4091	6·0	17	Brunni	5754	3·7
9	Martinsbrunn	4256	5·0	18	Blanke Alp	5976	2·9
10	Kaltebad Rigi	4404	6·3	19	Russboden	6576	3·5

Hinsichtlich der Frage über den Einfluss der Höhe auf die Temperatur ergibt sich aus diesen Tabellen, dass das nach den Wahlenberg'schen Beobachtungen von Kämtz abgeleitete Gesetz, nach welchem auf je 960 P. Fuss Erhebung die Quelltemperatur um 1° C. sinke, zwar in speciellen Fällen mehrere Modificationen erleide, jedoch für ganz allgemeine Verhältnisse einen guten Anhaltspunct gewähre, übrigens scheint es, dass die Abnahme der Bodentemperatur, nicht in einer gleichmässigen arithmetischen oder geometrischen Progression vor sich gehe, wohl aber irgend einen andern gesetzmässigen Gang befolge. Die beifolgenden Tabellen sind dazu bestimmt die Richtigkeit des gesagten anschaulich zu machen.

Tabelle 6. Centralalpen. — Tauern.

Nro.	Quelle	Höhe	Temp. °C.	Erhebung mit 1° C. verglichen mit	
				Heiligenblut	der nächst niedrigen Quelle
1	Winklern	2878	6·7	—	—
2	Klamm von Döllach	3168	6·9	—	—
3	Packhorn	3420	6·8	—	—
4	Heiligenblut	3940	6·7	—	—
5	Fuscherthal	4293	6·4	1177'	1177'
6	Briccius	4994	6·0	1506'	1750'

Nro.	Quelle	Höhe	Temp. ° C.	Erhebung für 1 °C. ver- glichen mit	
				Heiligenblut	der nächst nie- drigen Quelle
7	Kasereck.....	5130	5·8	1322'	680'
8	Gössnitz .	5256	5·4	1012'	315'
9	Gössnitz Grube..	5796	5·0	802'	1700'
10	Margaritze.....	6525	3·1	718'	383'
11	Petersbrunnen.	6581	3·4	800'	19'
12	Trog	6850	4·2	1164'	392'
13	Freiwand	7020	3·1	855'	155'
14	Freiwand.....	7148	3·1	—	—
15	Wasserradkopf.....	7190	3·4	985'	—
16	Johannisquelle..	7581	3·0	984'	975'
17	Hochthor	8128	1·9	876'	497'
18	Salmshütte.	8223	2·7	1070'	12'
19	Goldzeche..	8885	0·8	834'	334'

Tabelle 7. Tauern.

A. Thalquellen.

Nr.	Quelle	Höhe	Temp.	Erhebung für 1 °C verglichen mit Nro.						
				2	4	6	9	12	15	16
2	Döllach.....	3168	6·9	0	3860	2030	1380	1360	1150	1130
4	Heiligenblut...	3940	6·7	3860	0	1506	1856	1164	985	984
6	Briccius.....	4994	6·0	2030	1506	0	802	1031	842	862
9	Gössnitz Stoll.	5796	5·0	1380	1856	802	0	1310	871	892
12	Trog.....	6850	4·2	1360	1164	1031	1310	0	425	609
15	Wasserradkopf	7190	3·4	1150	985	842	871	425	0	975
16	Johannisquelle	7581	3·0	1130	984	862	892	609	975	0
18	Salmshütte....	8223	2·7	1070	1070	978	1050	915	1476	2140

B. Quellen an den Wänden und Gipfeln.

Nr.	Quelle	Höhe	Temp.	Erhebung für 1 °C verglichen mit Nro.							
				4	5	7	8	10	11	13	17
4	Heiligenblut.....	3940	6·7	0	1177	1322	1012	718	800	855	876
5	Fuscherthal.....	4293	6·4	1177	0	1087	963	677	763	826	852
7	Kasereck...	5130	5·8	1322	1087	0	315	517	604	700	769
8	Gössnitz Abhänge...	5256	5·4	1012	963	315	0	543	662	767	821
10	Margaritze.....	6525	3·1	718	677	517	543	0	—19		1335
11	Petersbrunn..	6581	3·4	800	763	604	662	—19	0	480	1031
13	Freiwand.....	7020	3·1	855	826	700	767		490	0	923
17	Hochthor.	8128	1·9	876	852	769	821	1335	1031	923	0
19	Goldzeche...	8858	0·8	834	815	746	776	1011	876	800	664

In der vorhergehenden Tabelle Nr. 6 sind die neunzehn hierher gehörigen Beobachtungen aufgeführt, nebst der Erhebung, welche einer Temperatur-

abnahme von 1° C. entspricht. Man sieht, dass im Ganzen die Temperatur nicht genau in dem Verhältnisse abnimmt, in welchem die Höhe zunimmt; für die Temperatur des Bodens ist nämlich von grosser Wichtigkeit, ob die Quelle in Thälern oder an Wänden und Gipfeln entspringt. Es zeigt sich daher in der Tabelle Nr. 7, wo die Beobachtungen in dieser Hinsicht getrennt aufgeführt sind, eine weit grössere Regelmässigkeit in der Temperaturabnahme. Um die Uebersicht zu erleichtern, wurden durchgehends dieselben Nummern der Beobachtungen beibehalten.

Bei den ersten vier Nummern bemerkt man einen auffallend geringen Unterschied in der Temperatur, obgleich die vier Quellen eine Höhengscala von 1000 Fuss durchlaufen. Die Erhebung für 1° C. zeigt sich also hier unverhältnissmässig gross. Die Erscheinung ist jedoch dadurch erklärlich, dass alle vier Quellen in der Thalsole eines langsam aufsteigenden Alpenthales (des Möllthales) liegen, in solchen Thälern aber sich die Erscheinungen des Klima's sehr langsam ändern; warum sollten also die Temperaturen der Quellen nicht auch eine solche Stetigkeit zeigen?

Weiter oben im Möllthale, wo dasselbe nicht mehr so sanft ansteigt, und die unregelmässigen Absätze mehr überhand nehmen, erfolgt auch die Temperaturabnahme rascher, als tiefer unten.

Bei einer Höhe von 6000 Fuss, wo in der Vegetation eine so grosse Veränderung eintritt, nimmt auch die Temperatur des Bodens sehr schnell ab. Gleich bei der ersten Quelle zeigt sich eine Höhendifferenz von nur 274 Fuss auf 1° C; woran jedoch nicht allein das Aufhören der Baumvegetation, sondern auch die viel steilere und mit vielen Abhängen und Wänden versehene Gestaltung des Gebirges Antheil nimmt. Eine merkwürdige Ausnahme davon macht die Quelle Nr. 12; vergleicht man sie jedoch mit einigen tiefer liegenden Punkten, so ist die Abnahme doch auch eine ziemlich rasche und regelmässige, und man erhält eine für Quellen dieser Höhe noch immer sehr geringe Differenz von 1000 und 1100 Fuss.

Bei einer Höhe zwischen 7 und 8000 Fuss wird wieder die Temperatur der Quellen etwas stetiger. So differirt die Johannisquelle, die um 500 Fuss höher entspringt, als die Quellen der Freiwand, gegen diese Quellen nur um 0.1° C; über 8000 Fuss wurden nur drei Quellen beobachtet, die in Bezug auf ihre Temperatur grosse Verschiedenheiten darboten; die Temperatur der Quelle am Hochthor, die um 50 Fuss niedriger liegt, als die auf der Salmshöhe, beträgt dennoch um 0.8° C. weniger. Diese auffallende Erscheinung erklärt sich jedoch aus der Lage der beiden Quellen. Die am Hochthor entspringt aus schroffen, allen Einflüssen des Klima's blossgestellten Felsennadeln, während die auf der Salmshöhe in der Thalsohle eines der höchsten Alpenthäler, nach allen Seiten gegen die Witterung geschützt, hervortritt.

Die oberste Quelle befindet sich in einem Stollen des Goldzschbergwerkes in der Flcuss. Ihre Temperatur dürfte wohl dem Minimum, mit welchem Quellen überhaupt zu Tage treten können, sehr nahe kommen.

In der folgenden Tabelle ist das Mittel aus allen Beobachtungen für Gruppen von 1000 zu 1000 Fuss nebst den der Temperaturabnahme von 1° C. entsprechenden mittleren Höhen angegeben. Bei der letzten Gruppe von 8 bis 9000 Fuss ist (A) das allgemeine Resultat aus den drei vorhandenen Quellen, (B) der Werth, welchen man für die freien Gipfelerhebungen aus zwei Beobachtungen erhält.

Tabelle 8. — Tauern.

I.	3—4000	6·8	I.	II.	III.	IV.	V.
II.	4—5000	6·2	1666				
III.	5—6000	5·4	1430	1250			
IV.	6—7000	3·4	882	714	500		
V.	7—8000	3·0	1083	937	833	2500	
VI.	8—9000	A. 1·8	1000	919	833	1250	833
		B. 1·35	1123	824	748	975	666

Das Maximum der Höhendifferenz liegt also zwischen I und II, weiter hinauf wird die Abnahme rascher, am schnellsten ist sie zwischen III. und IV, also in der Höhe der Baumgränze, noch weiter hinauf ist die Abnahme wieder weit langsamer. Von einer ganz gleichmässigen Abnahme kann also nicht die Rede sein; am nächsten kommt sie der von K ä m t z gegebenen Zahl in den oberen Regionen.

In den Kalkalpen ist der Gang der Temperaturabnahme in vieler Beziehung unregelmässig. Die hierüber gemachten Beobachtungen sind in den folgenden zwei Tabellen dargestellt. Die Quelle Nr. 2 des ausführlichen Verzeichnisses ist als Ausnahme weggelassen.

Tabelle 9. — Nördliche Alpen.

Nr.	Quelle	Höhe	Temp.	Erhebung für 1° C. verglichen mit							
				1	3	4	5	6	7	8	
1	München	540	9·0	0	1430	6 0	530	462	614	482	
3	Innthal	2015	8·6	1430	0	450	420	366	512	412	
4	Isarthal	2520	7·5	660	450	0	385	312	585	394	
5	Isarthal	3020	6·2	530	420	385	0	155	900	402	
6	Benedicten- wand	3113	5·6	462	36 6	312	155	0	3200	551	
7	Benedicten- wand	3750	5·4	614	512	585	900	3200	0	—107	
8	Isarquelle II. . . .	3664	4·6	482	412	394	402	551	—107	0	
9	Isarquelle I. . . .	5726	3·4	747	713	782	966	1188	988	1716	

Tabelle 10. — Mittel.

Nr.	Höhe	Temp.	Erhebung für 1° C. verglichen mit		
			I.	II.	III.
I.	1—2000	9·0			
II.	2—3000	7·5	666		
III.	3—4000	5·1	515	417	
IV.	5—6000	3·5	727	780	1250

Von der Quelle 1 bis 6 geht die Temperaturabnahme verglichen mit Nr. 1 mit zunehmender Höhe ziemlich regelmässig immer rascher vor sich; die Unregelmässigkeit von Nr. 7 mag wohl von äus-

seren Einflüssen herrühren. Die letzte Quelle die ganz in der Nähe der Baumgränze in den Kalkalpen liegt, stimmt mit den Temperaturen der Schieferquellen zwischen 6 und 7000 Fuss, in welcher Höhe die Baumgränze im Schiefergebirge sich befindet, sehr nahe überein; ein Zeichen, dass die Quelltemperaturen mit den allgemeinen geothermischen Verhältnissen in einem innigen directen Zusammenhange stehen müssen.

Die folgenden 5 Quellen aus der Umgebung des Jaufen und Timbls sind desshalb merkwürdig, weil sie unter ganz gleichen Verhältnissen entspringen.

Tabelle 11. Centralalpen. — Brenner.

Nr.	Quelle	Höhe	Temp.	Erhebung für 1°C. verglichen mit			
				1	2	3	4
1	Gasteig	3951	5·2	0	2275	1960	1180
2	Jaufen ..	5770	4·4	2275	0	186	450
3	Jaufen — Baumgränze.	5901	3·7	1960	186	0	820
4	Jaufen bei dem Passe..	6312	3·2	1180	450	820	0
5	Timbls	7030	2·2	10·3	573	735	720

Die Abnahme der Temperatur ist hier in der That eine sehr gleichförmige; der Grund, dass sie nicht rascher ist, liegt darin, dass der Vergleichspunct aller Beobachtungen, nämlich die unterste Quelle auch schon auf dem Abhange liegt, und eine ungemein niedrige Temperatur hat. Die Temperaturabnahme geht am langsamsten zwischen 3950 und 5770 Fuss vor sich, an der Baumgränze zwischen 5770 und 5900 ist sie wieder am raschesten. Man bemerkt hier wieder das Gesetz, dass unter gleichen Umständen die Abnahme in grösseren Höhen rascher erfolgt, was aus folgender allgemeinen Zusammenstellung ersichtlich ist.

Mittel.

	Höhe	Mittlere Temp.	I.	II.
I.	4 — 5000	5·0		
II.	5 — 6000	4·5	2000	
III.	6 — 7000	2·7	870	600

Die Quellen an dem Südabfall der Alpen sind weniger geeignet die Gesetze über die Abnahme der Temperatur zu veranschaulichen. Die gefundenen Höhendifferenzen sind in der folgenden Tabelle dargestellt.

Tabelle 12. Südseite der Alpen.

Nr.	Quelle	Höhe	Temp.	Erhebung für 1°C. verglichen mit		
				1	2	3
1	Eisackthal	2220	10·1	0	—89	693
2	Mühlbach ..	2300	11·0	—89	0	352
3	Oberes Pusterthal.	3042	8·9	693	352	0
4	Drauquelle..	4198	4·2	412	327	244

Die höhere Temperatur von Nr. 2 gegen Nr. 1 rührt von localen Verhältnissen her; Nr. 1 liegt nämlich in dem kalten Eisackthale, Nr. 2 dagegen etwas weiter südlich auf einem besonnten Plateau. Die Temperaturen der übrigen Quellen nehmen sehr rasch und regelmässig ab, und es scheint das Gesetz zu walten, dass in den südlichen Alpen die Aenderungen der Quelltemperaturen rascher vor sich gehen, als in den nördlichen.

In der folgenden Tabelle Nr. 13 ist eine Uebersicht sämmtlicher Daten gegeben, nebst einigen von Wahlenberg, um zu zeigen, wie sich die Temperaturen der verschiedenen Gebirgszüge gegenseitig verhalten.

Tabelle 13. Allgemeine Zusammenstellung.

Kalk - Alpen			Tauern			Jaufen			Nach Wahlenberg		
Ort	Höhe	°C.	Ort	Höhe	°C.	Ort	Höhe	°C.	Ort	Höhe	°C.
München ...	1540	9.0							Samling ...	1451	9.4
Erpfendorf .	1770	8.8							Albisrieden	1716	8.0
Hall	2015	8.6							Peterzell	2408	7.7
Kitzbübel . .	2350	7.6	Winklern	2878	6.7				Ebenalp	2714	6.3
Krün	2520	7.5	Döllach	3168	6.9				Engelsberg	3040	6.5
Hinterathal .	3020	6.2	Möllthal	3420	6.8				Guttannen	3253	6.2
Kohlstatt . . .	3113	5.6							Hochalp	3825	5.9
Isar II.	3664	4.6	Heiligenblut	3940	6.7				Sewelibrunn	4091	6.0
Eiblersklamm	3750	5.4	Fusch	4293	6.4	Gasteig	3951	5.2	Martinsbrunn	4256	5.0
Beim Reichen	4070	4.9	Bricciuscapelle	4994	6.0				Kamor	4667	5.0
Lachthal	4780	3.57	Kasercock	5130	5.8				Pilatus	5262	4.1
Gebra	5100	3.5	Gössnitz I.	5256	5.4				Staffelberg	5345	3.8
Streiteck	5550	3.6	Gössnitz II.	5796	5.0	Jaufen	5770	4.4	Bruni	5754	3.7
Isar I.	5726	3.4	Margeritze	6520	3.1	detto	5901	3.7	Blanke Alp	5796	2.9
			Petersbrunnen	6947	4.2	detto	6310	3.2	Rossboden	6576	3.5
			Trog	7020	3.1	Timbls	7030	2.2			
			Freiwand	7148	3.1						
			detto	7190	3.4						
			Wasseradkopf	7581	3.0						
			Johannisquelle	8223	2.7						
			Hochthor	8858	0.8						
			Salushöhe								
			Goldzeche								

Südlicher Abfall		
Ort	Höhe	°C.
Eisack I.	2220	10.1
Eisack II.	2300	11.0
Ollang	3040	8.9
Drau	4198	5.3

Bei der Vergleichung der angeführten Quellen ergibt sich als constantes Gesetz, dass die Quellen der Kalkalpen im Allgemeinen kälter sind, als die der Centralalpen. Der Grund davon dürfte in der Porosität des Kalkes und der dadurch bewirkten theilweisen Verdunstung, wohl auch in der Höhe der Gebirgszüge liegen. Aus letzterer Ursache zeigen auch die Temperaturen der Quellen aus der

Umgegend des Jaufen eine so niedrige Temperatur, ebenso die, welche Wahlenberg beobachtete; denn die Depression der Temperatur, welche Schnee und Gletschermassen hervorbringen, ist lange nicht so gross, als die, welche durch klimatischen Einflüssen mehr preisgegebene Gebirge bedingt wird.

Eine auffallende Depression der Isogothermen findet gegen den Rand der Gebirge zu Statt, was besonders beim Kalk deutlich hervortritt. Der warme Luftstrom, der wohl auf kleinere Erhebungen seine Wirkung ausübt, verliert bei 5 — 6000 Fuss allen Einfluss auf die freistehenden, der Atmosphäre so viele Berührungspuncte darbietenden Abfälle. Durch den hierdurch bedingten Wärme-Austausch wird eine Depression des ganzen Klima's bewirkt.

Die wichtigsten Resultate der Untersuchungen sind auf dem beigefügten Profildurchschnitte der Alpen Taf. VII vereinigt, der sich im Allgemeinen von Nordost nach Südwest zieht. Die Elemente der Linien wurden durch Interpolationen und durch Construction von Curven gefunden; die einzelnen Unregelmässigkeiten dabei entfernt. Bei den nördlichen Kalkalpen sind einige Beobachtungen von Unger als Parallele beigefügt. Auf der folgenden Tabelle sind die durch Berechnung gefundenen Werthe mit der Bezeichnung jener Beobachtungen, die ihnen zunächst liegen, gegeben.

Tabelle 14. Elemente der Curven.

C.	Kalkalpen	Tauern	Jaufen	Südabfall	C.
10°	kommt nicht vor.	In dieser Gruppe war d. tiefste Beobachtungspunct nur 2800Fuss. Daher wurden keine Quellen über 7° gefunden.	Da der tiefste Beobachtungspunct hier 4400 Fuss war, so mussten die wärmeren Isogothermen durch geograph. Interpolation ergänzt werden.	2220 Eisackthal Franzensfeste 2370 etwas südlicher	10°
9°	1540 München. 1660 (Unger).			3010 Ollang	9°
8°	2150 Krün Isarthal 2540 (Unger)	Quellen über 7°		3260 Ollang und der Drau- quelle	8°
7°	2580 (Unger) 2710 Scharnitz	2900 Müllthal 3400 Fuschtauern		3500 ebenso	7°
6°	3050 Benedicten- wand 3150 Scharnitz	4990 Briccius		3750 ebenso	6°
5°	4140 Benedicten- wand 4100 (Unger)	5800 Gössnitz Grube 5780 Gössnitz Ab- hänge	4400 Gasteig	3990 Drauquelle	5°
4°	4690 Isar 4970 (Unger)	6180 Gössnitz	5830 Jaufen	4235 Drauquelle	4°
3° 5	5800 Isarthal	6500 Petersbrunn 7030 Wasserrad- kopf	6460 Jaufenpass		3° 5
3°	6410 Isarthal	7580 Johannsqu. 8110 Salmshütte	7170 Timbls		3°
2°		8150 Hochthor			2°
1°		8780 Goldzeche			1°

Folgende Resultate lassen sich, in Kürze zusammengefasst, aus dem Vorhergehenden darstellen:

1. Bei Benützung der Quellen zur Bestimmung der Bodentemperaturen ist es unerlässlich, auf die geognostischen Formationen, die localen Verhältnisse, und die hierdurch bedingte Entstehungsweise der Quellen Rücksicht zu nehmen, um comparable Resultate zu erhalten.

2. Der Ursprung der Quellen hängt nicht nur mit der Schichtenstellung sondern auch aufs Innigste mit dem allgemeinen Charakter der Gebirgsbildung zusammen

3. Die Zerklüftung und Porosität bedingt beim Kalke einen wesentlichen Unterschied von den krystallinischen Schiefen; die Quellen sind seltener, reicher, und kommen zuweilen aus grösseren Höhen mit etwas zu niedriger Temperatur zu Tage.

4. Die Höhe, bei welcher die letzten Quellen vorkommen können, ist von der allgemeinen Erhebung des Gebirges abhängig; ihr Abstand von der mittleren Gipfel- und Kammhöhe ist bei Gebirgszügen analoger Höhe im Kalke grösser als in den kristallisirten Schiefen. Bei Gebirgen derselben geognostischen Formationen wird in den Alpen dieser Abstand wieder grösser, sobald sie sich weit über 9000 Fuss erheben, wo durch die Bildung steiler Wände und Gipfel und die Schnee- und Gletschermassen eine bedeutende Depression der Quellengränze bewirkt wird.

5. Die Abnahme der Temperatur mit der Höhe erfolgt nicht nach einer ganz gleichmässigen arithmetischen oder geometrischen Reihe; sie geht langsamer vor sich in den Thälern, als auf freien Abhängen oder Gipfeln, und erfolgt unter gleichen Umständen rascher in grösseren Höhen

6. An der Baumgränze treffen wir in den Alpen in den verschiedenen Gebirgszügen nahezu dieselben Temperaturen an, wenn auch die Höhe dieser Gränze selbst ziemlich verschieden ist, man kann 3.5 als Mittel annehmen. Unmittelbar über der Baumgränze bemerken wir die rascheste Abnahme der Bodentemperatur, und die stärksten Oscillationen zwischen den verschiedenen Quellen.

7. Die Quellen in Thälern sind in gleicher Höhe wärmer, als jene auf Abhängen oder Gipfeln, was besonders in den höchsten Regionen sehr deutlich hervortritt. In den Kalkalpen wird hierdurch auf den freien Abhängen gegen Norden eine auffallende Depression der Bodentemperatur bewirkt.

8. 0.8° C. scheint das Minimum zu sein für die Temperatur der höchsten Quellen in den Alpen.

9. Die Höhe der Gebirgszüge hat einen entschiedenen Einfluss auf die Temperatur des Bodens, wir finden bei gleicher Höhe über dem Meere die wärmeren Quellen da, wo die mittlere Erhebung grösser ist; es erleiden daher die Isothermen eine Biegung, analog der Erhebungslinie des Gebirges.

Die Isothermen der Alpen
Centesimalscala

