

Die Änderung der Bodentemperatur mit der Exposition

von

Dr. Fritz Kerner v. Marilaun.

(Mit 2 Tafeln.)

Über die Änderung der Bodentemperatur mit der Exposition lag bisher aus dem Alpengebiete nur eine Reihe von Beobachtungen vor,¹ welche mein Vater in den Jahren 1867, 1868 und 1869 im Innthale angestellt hat. An acht gegen die Hauptrichtungen des Compasses geneigten Gehängen eines ziemlich isolirten, gleichmässig gerundeten Hügels² wurde um die Mitte jedes Monats die Bodentemperatur nach der Bischoff'schen Methode bestimmt. Bei einigen von den auf diese Weise gewonnenen Resultaten lag es im Vorhinein nahe, dass sich ihre Giltigkeit über das Beobachtungsgebiet hinaus erstrecken werde, bei andern liess es sich jedoch, da keinerlei Vergleichsmaterial zu Gebote stand, nicht sicher entscheiden, ob sie von allgemeiner oder nur von localer Bedeutung seien.

Während der letzten drei Jahre wurde nun auf Veranlassung meines Vaters der Einfluss der Exposition auf die Bodentemperatur ganz in derselben Weise wie einst im Innthale in dem zur Stubajer Gebirgsgruppe gehörenden Gschnitzthale untersucht und dadurch die Möglichkeit geschaffen, die genannten geophysikalischen Verhältnisse auf Grund einer vergleichenden Betrachtung zweier Beobachtungsreihen zu studiren.

Die beiden Untersuchungsreihen sind nicht nur zeitlich durch zwei Decennien getrennt, sondern auch in Bezug auf Höhe und

¹ A. Kerner: Über Wanderungen des Maximums der Bodentemperatur. Zeitschrift der österr. Gesellschaft für Meteorologie, März 1871.

² Judenbüchl zwischen Set. Nicolaus und Mühlau bei Innsbruck.

Lage des Beobachtungsortes verschieden. Die eine bezieht sich auf ein weites Längsthal an der Grenze zwischen den Nord- und Centralalpen und auf die Seehöhe von 780 *m*; die andere auf ein kleines Thal in den Centralalpen und auf ein um 560 *m* höheres Niveau. Es ist darum gewiss der Schluss berechtigt, dass jenen Erscheinungen, welche in beiden Untersuchungsreihen in ganz analoger Weise auftreten, eine allgemeinere Bedeutung zukommen müsse, dass dieselben nicht etwa nur das Resultat der Witterungsverhältnisse gewisser Jahrgänge sind und auch nicht für eine bestimmte Höhenregion oder orographische Lage allein eine Geltung besitzen. Der Verlauf der Witterungserscheinungen, insbesondere das Verhalten der Winde ist hingegen an beiden Beobachtungsorten ganz ähnlich, und in Betreff der allgemeinen Situation stimmen die zwei Beobachtungshügel insofern überein, als beide am Fusse von nach Süd abdachenden Berggehängen sich befinden. Bei jenen übereinstimmenden Resultaten, welche auf die an beiden Orten ähnlichen klimatischen und örtlichen Verhältnisse zurückzuführen sind, bleibt natürlich die allgemeine Giltigkeit noch fraglich.

Die Incongruenzen zwischen den Resultaten der beiden Untersuchungsreihen sind, ausser durch die Verschiedenheit der Jahrgänge, wohl auch durch die ungleiche Lage und Seehöhe der Beobachtungsorte bedingt; sie sind aber das Ergebniss des vereinigten Zusammenwirkens dieser drei Momente, und es ist nicht möglich zu erkennen, welcher Antheil an der Gesamtwirkung jedem einzelnen derselben zukommt.

Die acht Schachte, welche im Gschnitzthale im Umkreise eines aus Kalkschutt bestehenden, mit spärlichem Gras und niedrigem Gestrüpp bewachsenen, sehr gleichmässig gerundeten Hügels¹ gegraben wurden, befanden sich in einer Seehöhe von 1340 *m* und waren 70 *cm* tief. Die Vorsicht, dem Wasser Spiritus zuzusetzen, um ein Zerspringen der Flaschen bei allfälligem Sinken der Temperatur unter den Gefrierpunkt zu verhindern, hatte sich bei den im Innthale angestellten Beobachtungen als überflüssig herausgestellt, im Gschnitzthale aber als nothwendig erwiesen. Tabelle I enthält die mit einem in 0·1 C. getheilten

¹ Set. Barbarahügel westlich von Trins.

Kappeller'schen Quellenthermometer von 1887 bis 1890 von Herrn Peter Tost im Gschnitzthale gemachten Temperaturablesungen.

Tabelle I.

Bodentemperaturen in 70 cm Tiefe an den 8 Hauptexpositionen im Gschnitzthale.

| 1887—1888 | N | NE | E | SE | S | SW | W | NW |
|-------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| October.... | 5·1 | 5·6 | 6·2 | 7·1 | 7·5 | 7·7 | 7·8 | 7·3 |
| November.. | 3·7 | 3·2 | 2·6 | 3·4 | 4·5 | 5·3 | 5·2 | 4·5 |
| December.. | 1·7 | 1·8 | 1·7 | 2·3 | 3·2 | 4·1 | 3·9 | 3·3 |
| Jänner.... | 1·0 | 1·3 | 0·8 | 0·6 | 1·4 | 2·5 | 2·2 | 1·7 |
| Februar.... | 0·4 | 0·6 | 0·5 | 0·9 | 0·8 | 1·9 | 2·0 | 1·6 |
| März..... | 0·5 | 0·6 | 0·7 | 2·7 | 3·1 | 3·3 | 3·1 | 1·8 |
| April..... | 0·6 | 0·7 | 1·1 | 5·8 | 5·2 | 4·1 | 4·0 | 2·0 |
| Mai..... | 4·2 | 5·8 | 8·1 | 10·5 | 9·4 | 8·9 | 8·8 | 7·5 |
| Juni..... | 10·1 | 10·3 | 11·7 | 12·0 | 12·3 | 11·5 | 11·2 | 10·6 |
| Juli..... | 11·0 | 11·0 | 11·7 | 12·3 | 12·2 | 12·2 | 12·1 | 11·4 |
| August.... | 12·6 | 12·7 | 14·3 | 15·4 | 15·6 | 14·5 | 14·4 | 13·4 |
| September. | 11·3 | 11·4 | 12·3 | 13·8 | 13·7 | 13·1 | 13·1 | 12·4 |
| 1888—1889 | | | | | | | | |
| October.... | 5·4 | 5·9 | 6·0 | 6·9 | 8·2 | 8·4 | 8·3 | 7·7 |
| November.. | 2·6 | 3·1 | 3·7 | 5·8 | 6·8 | 6·8 | 6·2 | 5·2 |
| December.. | 1·4 | 1·6 | 0·8 | 2·0 | 4·0 | 4·4 | 3·7 | 3·1 |
| Jänner.... | —0·2 | 0·2 | —0·9 | 1·1 | 2·5 | 3·0 | 2·3 | 1·8 |
| Februar.... | —1·1 | —0·9 | —1·4 | 0·4 | 1·3 | 2·3 | 1·5 | —0·3 |
| März..... | 0·2 | 0·3 | —0·7 | 2·5 | 2·6 | 2·5 | 2·4 | 1·0 |
| April..... | 0·6 | 0·7 | 0·5 | 4·8 | 5·1 | 5·1 | 4·7 | 3·0 |
| Mai..... | 8·6 | 7·9 | 9·4 | 12·0 | 10·8 | 9·7 | 9·4 | 8·5 |
| Juni..... | 11·0 | 11·6 | 13·0 | 13·8 | 13·7 | 12·8 | 12·4 | 11·6 |
| Juli..... | 14·0 | 14·5 | 15·3 | 16·8 | 16·7 | 15·8 | 15·4 | 14·5 |
| August.... | 11·5 | 11·7 | 12·0 | 12·6 | 13·0 | 13·1 | 12·8 | 12·3 |
| September. | 8·9 | 9·4 | 9·8 | 12·0 | 12·4 | 12·2 | 11·8 | 11·2 |
| 1889—1890 | | | | | | | | |
| October.... | 5·8 | 6·3 | 7·2 | 8·5 | 9·6 | 9·4 | 8·9 | 7·8 |
| November.. | 3·4 | 3·6 | 3·0 | 5·7 | 6·6 | 7·0 | 6·5 | 5·7 |
| December.. | 2·5 | 2·6 | 1·3 | 3·0 | 3·5 | 4·2 | 3·8 | 3·4 |
| Jänner.... | 0·8 | 1·1 | 0·6 | 1·8 | 2·9 | 3·5 | 2·8 | 2·1 |
| Februar.... | —1·5 | —0·4 | —0·1 | 1·1 | 1·4 | 2·0 | 1·7 | 1·3 |
| März..... | —0·8 | 0·2 | 0·3 | 4·7 | 4·6 | 4·2 | 2·7 | 0·8 |
| April..... | 1·9 | 2·7 | 4·4 | 7·1 | 6·9 | 6·8 | 6·4 | 5·1 |
| Mai..... | 6·6 | 10·1 | 11·9 | 10·5 | 9·7 | 9·2 | 8·8 | 7·6 |
| Juni..... | 9·0 | 9·6 | 10·5 | 11·2 | 10·9 | 11·0 | 10·8 | 10·0 |
| Juli..... | 8·6 | 9·7 | 11·2 | 11·2 | 11·3 | 11·0 | 10·6 | 9·9 |
| August.... | 12·7 | 13·5 | 14·1 | 15·7 | 15·0 | 14·3 | 13·9 | 13·2 |
| September. | 8·1 | 8·7 | 9·2 | 12·3 | 12·4 | 12·0 | 11·7 | 10·6 |

Tabelle II enthält die für das Inn- und Gschnitzthal sich ergebenden dreijährigen Monats-, Jahreszeiten- und Jahresmittel für die Bodentemperatur an den einzelnen Expositionen und für die mittlere Bodentemperatur im Umkreise des Hügels, sowie die örtlichen und zeitlichen Amplituden.

Die Extreme sind in der Richtung der Verticalreihen (zeitlicher Verlauf) durch Sternchen, in der Richtung der Horizontalreihen (örtliche Änderung) durch fette Schrift hervorgehoben.

In Tabelle III sind die Abweichungen von der mittleren Gehäusetemperatur enthalten.

Tabelle II.

Bodentemperaturen in 70 cm Tiefe an den 8 Hauptexpositionen, Mittel aus 3 Jahren.

| I n n t h a l | | | | | | | | | | |
|---------------|--------------|-------|-------------|--------------|--------------|-------------|-------|-------|--------|------|
| Zeit | N | NE | E | SE | S | SW | W | NW | Mittel | Amp. |
| Dec.... | 5·2 | 5·4 | 4·8 | 5·8 | 6·2 | 7·5 | 6·2 | 5·6 | 5·8 | 2·7 |
| Jänn.. | 3·9 | 4·3 | 3·4* | 4·3* | 4·5* | 5·8* | 4·7* | 4·0 | 4·4* | 2·4* |
| Febr... | 3·5* | 3·6* | 3·8 | 5·2 | 5·3 | 6·4 | 5·5 | 3·8* | 4·6 | 2·9 |
| März... | 3·6 | 4·2 | 4·8 | 6·5 | 6·5 | 7·5 | 6·7 | 4·2 | 5·5 | 3·9 |
| April.. | 6·3 | 7·4 | 8·1 | 9·4 | 9·5 | 10·0 | 9·4 | 6·9 | 8·4 | 3·7 |
| Mai.... | 11·6 | 13·3 | 14·9 | 16·6 | 16·0 | 15·4 | 15·3 | 12·3 | 14·4 | 5·0* |
| Juni... | 14·0 | 15·7 | 17·3 | 18·5 | 18·1 | 17·1 | 17·1 | 14·6 | 16·6 | 4·5 |
| Juli... | 15·8 | 17·4 | 19·1 | 20·2 | 19·8 | 18·8 | 19·0 | 16·5 | 18·3 | 4·4* |
| August.. | 16·0* | 17·9* | 19·5* | 20·5* | 20·1 | 19·0 | 19·5* | 17·0* | 18·7* | 4·5 |
| Sept... | 14·9 | 16·9 | 17·9 | 19·5 | 20·1* | 19·1* | 18·9 | 16·2 | 17·9 | 5·2* |
| Oct.... | 11·4 | 13·0 | 13·5 | 15·3 | 15·8 | 15·5 | 14·7 | 12·8 | 14·0 | 4·4 |
| Nov.... | 7·2 | 7·8 | 7·9 | 9·1 | 9·8 | 10·3 | 9·1 | 8·0 | 8·7 | 3·1 |
| Winter.. | 4·2 | 4·4 | 4·0 | 5·1 | 5·3 | 6·6 | 5·5 | 4·5 | 5·0 | 2·6 |
| Frühling | 7·2 | 8·3 | 9·3 | 10·8 | 10·7 | 11·0 | 10·5 | 7·8 | 9·5 | 3·8 |
| Sommer.. | 15·3 | 17·0 | 18·6 | 19·7 | 19·3 | 18·3 | 18·5 | 16·0 | 17·8 | 4·4 |
| Herbst.. | 11·2 | 12·6 | 13·1 | 14·6 | 15·2 | 15·0 | 14·2 | 12·3 | 13·5 | 4·0 |
| Jahr.... | 9·5 | 10·6 | 11·3 | 12·6 | 12·6 | 12·7 | 12·2 | 10·2 | 11·5 | 3·2 |
| Ampl. ... | 12·5 | 14·3 | 16·1 | 16·2 | 15·6 | 13·3 | 14·8 | 13·2 | 14·3 | |

| G s c h n i t z t h a l | | | | | | | | | | |
|-------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|------|
| Zeit | N | NE | E | SE | S | SW | W | NW | Mittel | Amp. |
| Dec.. | 1·9 | 2·0 | 1·3 | 2·4 | 3·6 | 4·2 | 3·8 | 3·3 | 2·8 | 2·9 |
| Jänn. | 0·5 | 0·9 | 0·2 | 1·2 | 2·3 | 3·0 | 2·4 | 1·9 | 1·6 | 2·8* |
| Febr. | -0·7* | -0·2* | -0·3* | 0·8* | 1·2* | 2·1* | 1·7* | 0·9* | 0·7* | 2·8 |
| März | 0·0 | 0·4 | 0·1 | 3·3 | 3·4 | 3·3 | 2·7 | 1·2 | 1·8 | 3·4 |
| April | 1·0 | 1·4 | 2·0 | 5·9 | 5·7 | 5·3 | 5·0 | 3·4 | 3·7 | 4·9* |
| Mai | 6·5 | 7·9 | 9·8 | 11·0 | 10·0 | 9·3 | 9·0 | 7·9 | 8·9 | 4·5 |
| Juni | 10·0 | 10·5 | 11·7 | 12·3 | 12·3 | 11·8 | 11·5 | 10·7 | 11·4 | 2·3 |
| Juli | 11·2 | 11·7 | 12·7 | 13·4 | 13·4 | 13·0 | 12·7 | 11·9 | 12·5 | 2·0* |
| Aug. | 12·3* | 12·6* | 13·5* | 14·6* | 14·5* | 14·0* | 13·7* | 13·0* | 13·5* | 2·3 |
| Sept. | 9·4 | 9·8 | 10·4 | 12·7 | 12·8 | 12·4 | 12·2 | 11·4 | 11·4 | 3·4* |
| Oct. | 5·4 | 5·9 | 6·5 | 7·5 | 8·4 | 8·5 | 8·3 | 7·6 | 7·3 | 3·1 |
| Nov. | 3·2 | 3·3 | 3·1 | 5·0 | 6·0 | 6·4 | 6·0 | 5·1 | 4·8 | 3·2 |
| Wint. | 0·6 | 0·9 | 0·4 | 1·5 | 2·4 | 3·1 | 2·6 | 2·0 | 1·7 | 2·7 |
| Frühl. | 2·5 | 3·2 | 4·0 | 6·7 | 6·4 | 6·0 | 5·6 | 4·2 | 4·8 | 4·2 |
| Som. | 11·2 | 11·6 | 12·6 | 13·4 | 13·4 | 12·9 | 12·6 | 11·9 | 12·5 | 2·2 |
| Herbst | 6·0 | 6·3 | 6·7 | 8·4 | 9·1 | 9·1 | 8·8 | 8·0 | 7·8 | 3·1 |
| Jahr | 5·1 | 5·5 | 5·9 | 7·5 | 7·8 | 7·8 | 7·4 | 6·5 | 6·7 | 2·7 |
| Ampl. | 13·0 | 12·8 | 13·8 | 13·8 | 13·3 | 11·9 | 12·0 | 12·1 | 12·8 | |

Tabelle III.

Abweichungen von der mittleren Gehängetemperatur.

| I n n t h a l | | | | | | | | |
|---------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Monat | N | NE | E | SE | S | SW | W | NW |
| December .. | -0·6 | -0·4 | -1·0 | 0·0 | +0·4 | +1·7 | +0·4 | -0·2 |
| Jänner. ... | -0·5 | -0·1 | -1·0 | -0·1 | +0·1 | +1·4 | +0·3 | -0·4 |
| Februar.... | -1·1 | -1·0 | -0·8 | +0·6 | +0·7 | +1·8 | +0·9 | -0·8 |
| März | -1·9 | -1·3 | -0·7 | +1·0 | +1·0 | +2·0 | +1·2 | -1·3 |
| April | -2·1 | -1·0 | -0·3 | +1·0 | +1·1 | +1·6 | +1·0 | -1·5 |
| Mai | -2·8 | -1·1 | +0·5 | +2·2 | +1·6 | +1·0 | +0·9 | -2·1 |
| Juni | -2·6 | -0·9 | +0·7 | +1·9 | +1·5 | +0·5 | +0·5 | -2·0 |
| Juli | -2·5 | -0·9 | +0·8 | +1·9 | +1·5 | +0·5 | +0·7 | -1·8 |
| August | -2·7 | -0·8 | +0·8 | +1·8 | +1·4 | +0·3 | +0·8 | -1·7 |
| September .. | -3·0 | -1·0 | 0·0 | +1·6 | +2·2 | +1·2 | +1·0 | -1·7 |
| October | -2·6 | -1·0 | -0·5 | +1·3 | +1·8 | +1·5 | +0·7 | -1·2 |
| November .. | -1·5 | -0·9 | -0·8 | +0·4 | +1·1 | +1·6 | +0·4 | -0·7 |
| Winter | -0·8 | -0·6 | -1·0 | +0·1 | +0·3 | +1·6 | +0·5 | -0·5 |
| Frühling ... | -2·3 | -1·2 | -0·2 | +1·3 | +1·2 | +1·5 | +1·0 | -1·7 |
| Sommer | -2·5 | -0·8 | +0·8 | +1·9 | +1·5 | +0·5 | +0·7 | -1·8 |
| Herbst | -2·3 | -0·9 | -0·4 | +1·1 | +1·7 | +1·5 | +0·7 | -1·2 |
| Jahr | -2·0 | -0·9 | -0·2 | +1·1 | +1·1 | +1·2 | +0·7 | -1·3 |

| G s c h n i t z t h a l | | | | | | | | |
|-------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Zeit | N | NE | E | SE | S | SW | W | NW |
| December | -0.9 | -0.8 | -1.5 | -0.4 | +0.8 | +1.4 | +1.0 | +0.5 |
| Jänner.. | -1.1 | +0.7 | -1.4 | -0.4 | +0.7 | +1.4 | +0.8 | +0.3 |
| Februar... | -1.4 | -0.9 | -1.0 | +0.1 | +0.5 | +1.4 | +1.0 | +0.2 |
| März | -1.8 | -1.4 | -1.7 | +1.5 | +1.6 | +1.5 | +0.9 | -0.6 |
| April | -2.7 | -2.3 | -1.7 | +2.2 | +2.0 | +1.6 | +1.3 | -0.3 |
| Mai. | -2.4 | -1.0 | +0.9 | +2.1 | +1.1 | +0.4 | +0.1 | -1.0 |
| Juni. .. | -1.4 | -0.9 | +0.3 | +0.9 | +0.9 | +0.4 | +0.1 | -0.7 |
| Juli | -1.3 | -0.8 | +0.2 | +0.9 | +0.9 | +0.5 | +0.2 | -0.6 |
| August | -1.2 | -0.9 | 0.0 | +1.1 | +1.0 | +0.5 | +0.2 | -0.5 |
| September | -2.0 | -1.6 | -1.0 | +1.3 | +1.4 | +1.0 | +0.8 | 0.0 |
| October | -1.9 | -1.4 | -0.8 | +0.2 | +1.1 | +1.2 | +1.0 | +0.3 |
| November | -1.6 | -1.5 | -1.7 | +0.2 | +1.2 | +1.6 | +1.2 | +0.3 |
| Winter | -1.1 | -0.8 | -1.3 | -0.2 | +0.7 | +1.4 | +0.9 | +0.3 |
| Frühling | -2.3 | -1.6 | -0.8 | +1.9 | +1.6 | +1.2 | +0.8 | -0.6 |
| Sommer | -1.3 | -0.9 | +0.1 | +0.9 | +0.9 | +0.4 | +0.1 | -0.6 |
| Herbst. | -1.8 | -1.5 | -1.1 | +0.6 | +1.3 | +1.3 | +1.0 | +0.2 |
| Jahr. | -1.6 | -1.2 | -0.8 | +0.8 | +1.1 | +1.1 | +0.7 | -0.2 |

In Folge der geringen Anzahl von Beobachtungsjahren lassen sich über die mittlere Veränderlichkeit der Bodentemperatur keine genauen Aufschlüsse, vielmehr nur einige Andeutungen gewinnen, welche eine ungefähre Vorstellung vom Grade der Verlässlichkeit der in den vorigen Tabellen enthaltenen Mittelwerthe zu geben vermögen. Die folgende Tabelle enthält die mittlere Abweichung der Bodentemperatur (t) und die mittlere Veränderlichkeit der Temperaturdifferenz zwischen den benachbarten Expositionen (Δ), und zwar für die einzelnen Monate den Durchschnittswerth aus den acht Expositionen und für die einzelnen Expositionen das Mittel aus den zwölf Monaten. Die neben den mittleren Temperaturabweichungen der Expositionen in der Columnne Δ stehenden Werthe beziehen sich auf die Veränderlichkeit der Temperaturdifferenz zwischen der betreffenden und der ihr rechts benachbarten Exposition, also der Werth neben N auf die Temperaturdifferenz zwischen N und NE u. s. w.

| | Innthal | | Gschnitzthal | | | Innthal | | Gschnitzthal | |
|--------------|---------|------|--------------|------|--------------|---------|------|--------------|------|
| | t | Δ | t | Δ | | t | Δ | t | Δ |
| December ... | 0·75 | 0·21 | 0·37 | 0·28 | Winter.. | 0·70 | 0·23 | 0·42 | 0·31 |
| Jänner | 0·41 | 0·20 | 0·42 | 0·26 | Frühling .. | 0·74 | 0·31 | 0·83 | 0·53 |
| Februar..... | 0·93 | 0·28 | 0·46 | 0·39 | Sommer..... | 0·65 | 0·26 | 1·13 | 0·24 |
| März | 0·54 | 0·29 | 0·72 | 0·66 | Herbst | 0·90 | 0·28 | 0·62 | 0·22 |
| April | 1·17 | 0·21 | 0·94 | 0·40 | N .. | 0·61 | 0·25 | 0·80 | 0·28 |
| Mai..... | 0·52 | 0·43 | 0·83 | 0·53 | NE..... | 0·56 | 0·27 | 0·71 | 0·31 |
| Juni..... | 0·53 | 0·27 | 0·76 | 0·19 | E | 0·79 | 0·44 | 0·91 | 0·57 |
| Juli | 0·30 | 0·18 | 1·86 | 0·27 | SE | 1·09 | 0·29 | 1·01 | 0·37 |
| August ... | 1·11 | 0·33 | 0·76 | 0·26 | S | 0·89 | 0·21 | 0·81 | 0·24 |
| September .. | 0·74 | 0·25 | 0·82 | 0·27 | SW .. | 0·74 | 0·18 | 0·60 | 0·23 |
| October..... | 1·27 | 0·16 | 0·45 | 0·17 | W | 0·76 | 0·35 | 0·56 | 0·22 |
| November.. | 0·70 | 0·44 | 0·58 | 0·22 | NW .. | 0·54 | 0·18 | 0·59 | 0·48 |

Im Durchschnitt aus den zwölf Monaten oder aus den acht Hauptexpositionen ergibt sich die mittlere Abweichung der Bodentemperatur für beide Beobachtungsorte zufällig übereinstimmend zu $0\cdot75^\circ$, die mittlere Veränderlichkeit der Temperaturdifferenz zwischen den benachbarten Expositionen zu $0\cdot27^\circ$ im Innthale und $0\cdot33^\circ$ im Gschnitzthale. Es entsprechen diesen Werthen wahrscheinliche Fehler von $0\cdot63^\circ$, $0\cdot23^\circ$ und $0\cdot28^\circ$

Allen diesen aus nur dreijährigen Mitteln bestimmten Zahlenwerthen kommt als solchen keine Bedeutung zu, sie sind noch völlig unzureichend, um über die von Jahreszeit und Exposition abhängigen Variationen der mittleren Veränderlichkeit einen Aufschluss zu geben, sie lassen aber die eine Thatsache erkennen, dass die Unsicherheit der mittleren örtlichen Temperaturdifferenzen viel geringer ist als die der Temperaturmittel selbst. Es erinnert diese Erscheinung an das von Lamont für die Lufttemperatur nachgewiesene Verhältniss zwischen der Veränderlichkeit der absoluten Werthe und der Veränderlichkeit der Temperaturunterschiede benachbarter Stationen. Die wahrscheinlichen Fehler der in Tabelle III enthaltenen örtlichen Temperaturdifferenzen ergeben sich für das Innthal als dreimal, für das Gschnitzthal als mehr

Die beiden Isothermentafeln gestatten es, die Änderung der Bodentemperatur mit der Exposition für jeden beliebigen Jahrestag und die Änderung der Bodentemperatur mit der Zeit für jede beliebige Weltgegend zu bestimmen und gewähren so im Gegensatz zur discontinuirlichen Darstellung durch die Monatsmittel der acht Hauptexpositionen ein continuirliches Bild der Temperaturvertheilung.

Die Tafeln ermöglichen es ferner, die Grösse der verschiedenen örtlichen und zeitlichen Schwankungen bis auf einzelne Winkelgrade, beziehungsweise Jahrestage genau anzugeben, während mit Hilfe der Tabelle der Monatsmittel die genannten Schwankungen nur bis auf den achten, beziehungsweise zwölften Theil der Kreisperipherie genau erkannt werden können.

Die Modification, welche diese räumlichen Darstellungen durch eine längere Beobachtungsdauer erfahren würden, bestünde nach dem an früherer Stelle über die Veränderlichkeit Gesagten viel weniger in einer Gestaltveränderung, als vielmehr in einer Verticalverschiebung der Temperaturfläche. Es würde also mehr der Zahlenwerth als der Verlauf der Isothermen sich ändern und dementsprechend auch das ganze Isoplethendiagramm nur eine geringe Modification erleiden.

Die Berührungspunkte der an die zusammenhängenden Isoplethen parallel zur *X*-Axe gezogenen Tangenten, sowie die Berührungspunkte der an die zusammenhängenden und zerfallenden Isoplethen parallel zur *Y*-Axe gezogenen Tangenten wurden durch punktirtre Linien verbunden. Diese punktirten Curvenzüge stellen die Drehung der örtlichen Extreme und die Verschiebung der Jahresextreme der Bodentemperatur dar.

Im Folgenden habe ich die wichtigsten übereinstimmenden Resultate, welche eine vergleichende Betrachtung dieser Curven ergibt, hervorgehoben und auf ihre Ursachen hingewiesen, die Unterschiede zwischen den Temperaturverhältnissen beider Beobachtungsorte aber nur kurz berührt, da sich die Bedeutung derselben — eingangs erwähnter Complicationen wegen — noch nicht mit Klarheit erkennen lässt. Für die Maxima, Minima und Amplituden habe ich bei den in der *YZ*-Ebene verlaufenden Curven die Bezeichnung „örtlich“ verwendet, bei den in der *XZ*-Ebene verlaufenden dagegen nicht das Beiwort „zeitlich“ als

nähere Bestimmung hinzugefügt, sondern die geläufigen Ausdrücke Sommermaxima, Winterminima und Jahresamplituden gewählt.

I. Die jährliche Änderung der örtlichen Temperaturvertheilung.

Für die Lage des örtlichen Maximums der Bodentemperatur ergeben sich nachstehende Grenzwerte:

| Innthal | | Gschnitzthal | |
|---------|-------------|--------------|--------------|
| S 55° W | 15. Februar | S 55° W | 12. December |
| E 42° S | 20. Mai | E 40° S | 12. Mai |

Die extremen Abweichungen vom Meridian zeigen eine auffallende Übereinstimmung: 55° westlich, 48° und 50° östlich, Oscillation 103° und 105°, ebenso die Eintrittszeiten der östlichsten Lage, dagegen sind die Eintrittstage des westlichsten Standes 2 Monate von einander entfernt.

Das Temperaturmaximum der SW-Seite wurde in der eingangs citirten Abhandlung meines Vaters darauf zurückgeführt, dass in Folge des am Nachmittage eintretenden Minimums der Luftfeuchtigkeit die auf das SW-Gehänge fallenden Sonnenstrahlen die geringste Wärmeabsorption erleiden.¹ Das Temperaturmaximum der SE-Seite wurde hingegen damit erklärt, dass in Folge der grossen Trockenheit der E- und SE-Winde das von diesen bestrichene Gehänge die stärkste Austrocknung erfährt. Die temperaturerhöhende Wirkung der SE-Winde macht sich nur während der schneefreien Jahreszeit geltend, sie ist aber viel bedeutender als der fortdauernde Einfluss der nachmittägigen Lufttrockenheit, so dass sie diesen zunächst compensirt, alsdann aber allein thätig erscheint.

Die naheliegende Idee, die genannten Drehungen des Maximums der Bodentemperatur durch die gleichzeitigen und parallel laufenden Richtungsänderungen des Maximums der Windwärme zu erklären, musste fallen gelassen werden, da der SW im Innthale in Folge localer Ablenkung als S auftritt und anderseits der die SE-Gehänge dieses Thales bestreichende Wind ein durch

¹ In einer dortselbst mitgetheilten Reihe von Heliometermessungen von Prof. Pfaundler verhielt sich die Vormittags- zur Nachmittagsintensität der Sonnenstrahlung wie 7 : 8.

Terrainverhältnisse abgelenkter E-Wind ist. Von Hann¹ wurde auf den in den Sommermonaten gut ausgeprägten täglichen Gang der Bewölkung als eine Ursache des südöstlichen Temperaturmaximums hingewiesen.

Für das südöstliche Maximum des im Gschnitzthale stehenden Beobachtungshügels kommt jedenfalls die Austrocknung des Bodens sehr in Betracht, da dieser Hügel dem SE-Winde des Wipphalgebietes, dem sogenannten Tuxerwind, stark exponirt ist; dass aber auch im Sommer der tägliche Verlauf der Himmelsbedeckung von grosser Bedeutung ist, zeigt sich aus nachstehenden Resultaten einer grösseren Anzahl von Bewölkungsschätzungen, welche ich im Laufe des letzten Sommers im Gschnitzthale 1—2-stündlich angestellt habe. Es war die Bewölkung im Mittel:

| | | |
|---------------------|---------------------|------------------------------------|
| 1 Stunde vor Mittag | um 6 $\frac{0}{10}$ | geringer als 1 Stunde nach Mittag, |
| 2 Stunden „ | „ 9 | 2 Stunden „ |
| 3 | „ 14 | „ 3 „ |
| 4 | „ 18 | „ 4 „ |
| 5 | „ 21 | 5 „ „ |

Um auch den Einfluss des täglichen Ganges der Luftfeuchtigkeit auf die Vertheilung der Bodenwärme durch im Gebiete der Temperaturmessungen gemachte Feuchtigkeitsbeobachtungen zu illustriren, mögen hier die Resultate einer Reihe von Hygrometerablesungen Platz finden, welche ich im letzten Jahre im Gschnitzthale vorgenommen habe.² Dieselben beziehen sich allerdings gerade auf eine Jahreszeit (Aug.—Sept.), in welcher das Temperaturmaximum nicht auf die SW-Seite fällt, da aber der tägliche Gang der relativen Feuchtigkeit sich während des ganzen Jahres ähnlich bleibt und das durch ihn bedingte südwestliche Maximum während der wärmeren Jahreshälfte nur durch andere Einflüsse verdeckt erscheint, sind die erwähnten, hier folgenden Beobachtungen dennoch geeignet, das eben genannte Maximum zu erklären.

¹ J. Hann: Handbuch der Klimatologie, Allgem. Theil, II, 2.

² Die Beobachtungen fanden an 10 Tagen stündlich, an 15 Tagen 2—3stündlich von 7^h a. m.—10^h p. m. statt und wurden mit einem Koppeschen Procent-Haarhygrometer mit Controlvorrichtung (von Usteri-Reinach in Zürich) angestellt.

Die relative Feuchtigkeit betrug im Mittel aus 25 Tagen:

| | | | | | | | | | | | |
|---------------------|------|------|------|------|------|---------------------|------|------|------|------|------|
| 7 ^h a.m. | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 1 ^h p.m. | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| | 83·7 | 78·4 | 73·1 | 67·3 | 63·3 | 60·6 | 57·9 | 55·5 | 55·2 | 56·7 | 60·8 |

Sie war also:

| | | | |
|---------------------|------------------------------------|-------------|----------------------|
| 1 Stunde vor Mittag | um 5·4 ⁰ / ₀ | grösser als | 1 Stunde nach Mittag |
| 2 Stunden „ | „ | 11·8 | 2 Stunden „ |
| 3 | „ | 17·9 | 3 „ |
| 4 | „ | 21·7 | 4 „ |
| 5 | „ | 22·9 | 5 „ |

Für das südwestliche Bodentemperaturmaximum im Gschnitzthale ist jedenfalls auch der Föhn von Bedeutung, indem dieser im genannten Thale, der Richtung desselben entsprechend, besonders die SW-Gehänge austrocknet und erwärmt. (Im Innthale tritt er als S-Wind auf.)

Da die in je einem Beispiel vorgeführten täglichen periodischen Änderungen der relativen Feuchtigkeit und Sommerbewölkung allgemein verbreitet sind, dürfte die mit ihnen zusammenhängende jährliche Oscillation des örtlichen Maximums der Bodentemperatur eine in den ganzen Alpen anzutreffende Erscheinung sein. Allerdings mag dieselbe, je nachdem der tägliche Gang der genannten klimatischen Elemente mehr oder minder deutlich ausgeprägt ist, und je nach dem Verhalten der localen Winde in den verschiedenen Alpengebieten ungleich entwickelt sein.

Für die Lage des örtlichen Minimums der Bodentemperatur ergeben sich nachstehende Grenzwerte:

| | | |
|------------|-----------|---------------------------|
| Innthal | | Gschnitzthal |
| E 3° S | 7. Jänner | E... 15. Jänner |
| W 83° N... | 15. Mai | N... 15. April—15. August |

Die extremen östlichen Abweichungen von der Nordexposition zeigen eine grosse Übereinstimmung in Bezug auf Lage und Eintrittszeit, die Drehung des Minimums nach Osten erfolgt im Gschnitzthale einen Monat früher, die Zurückbewegung nach Norden aber zu gleicher Zeit, so dass das Minimum im Gschnitzthale länger am E-Gehänge verweilt. Während der Zeit, während welcher die tiefste Temperatur auf die E-Seite fällt, erhält sich

nach dem übereinstimmenden Ergebnisse beider Beobachtungsreihen ein zweites Minimum an der Nordexposition, das vom ersteren durch eine ganz flache Temperaturwelle getrennt ist.

Bei dem Minimum der Bodentemperatur zeigt sich keine durch atmosphärische Zustände veranlasste Oscillation um die dem solaren Klima entsprechende Mittellage, wie dies beim Maximum der Fall. Die Erscheinung, dass im Winter, obwohl die Temperatur von N gegen NE in sehr schwacher Zunahme begriffen ist, das Hauptminimum auf die E-Seite fällt, ist mit der Lage der beiden Beobachtungshügel am Fusse von nach S abdachenden Berggehängen in Zusammenhang zu bringen. In Folge des durch diese Lage bedingten Windschutzes ist an beiden Orten die N-Seite fast ganz, die NE-Seite noch einigermaßen vor zwei abkühlenden Einflüssen bewahrt, welche an der E-Abdachung stark zur Geltung kommen, vor der grossen Kälte der aus den Richtungen N bis E wehenden Winde und vor der durch diese Winde theils durch Verwehung, theils durch Verdunstung verursachten Dickenverminderung der Schneelage.

Da die östlichen Minima der beiden Beobachtungsorte ihre Abhängigkeit von den Localverhältnissen nicht verläugnen, fragt es sich, wo an einem allseitig freistehenden Hügel das örtliche Minimum im Winter zu treffen ist. Aus dem Umstande, dass während des Winters die kältesten Winde aus NE kommen und die als Schutz vor Kälte wirkende Schneedecke an der N-Seite am wenigsten durch Abschmelzen verdünnt werden kann, liesse sich theoretisch folgern, dass das Minimum der Bodentemperatur im Winter ganz allgemein in den Alpen eine östliche Deviation zeigen müsse; da aber die Winde in den Gebirgsländern in Bezug auf Richtung und Temperatur durch das Terrain verändert werden, und ebenso das Verhältniss zwischen den Schneehöhen der verschiedenen Expositionen je nach Localumständen variirt, dürfte es auch von localen Verhältnissen abhängen, ob die Bodentemperatur im Winter von N gegen E noch etwas sinkt oder gleich bleibt oder steigt.

Die periodischen Drehungen des örtlichen Maximums und Minimums der Bodentemperatur erfolgen in gleicher Richtung und betragen bei beiden Extremen ungefähr 100° . Sie vollziehen sich aber ungleich rasch und zu verschiedener Zeit. Es sind

darum auch die von den Richtungen der beiden Extreme eingeschlossenen Winkel einer periodischen Änderung unterworfen. Dieselben erreichen folgende Grenzwerte:

| Innthal | | Gschnitzthal | |
|--------------|---------------|--------------|---------------|
| 7. Jänner | 135° und 225° | 15. Jänner | 140° und 220° |
| 15. März | 230 „ 130 | 15. Februar | 190 „ 170 |
| 20. Mai | 143 „ 217 | 15. Mai | 130 „ 230 |
| 15. November | 190 „ 170 | 15. October | 190 „ 170 |

Die Winter- und Sommerextreme stimmen in Bezug auf Winkelwerth und Eintrittszeit gut überein, die Frühlings- und Herbstextreme sind im Gschnitzthale einen Monat verfrüht.

An folgenden Tagen befinden sich die höchste und tiefste Bodentemperatur in genau entgegengesetzten Richtungen der Windrose:

| Innthal | Gschnitzthal |
|--------------|--------------|
| 3. Februar | 12. Februar |
| 27. April | 7. März |
| 15. October | 7. October |
| 23. November | 25. October |

II. Die jährliche Änderung der örtlichen Temperaturschwankung.

Für die Zahlenwerthe der örtlichen Extreme der Bodentemperatur ergeben sich nachstehende Grenzen:

Für das Maximum:

| Innthal | Gschnitzthal |
|------------------------|------------------|
| 15. Jänner 5·8 | 13. Februar. 2·2 |
| 4. September. 20·8 | 25. August 15·0 |

Für das Minimum:

| Innthal | Gschnitzthal |
|-----------------|--------------------------|
| 5. März . 3·3 | 23. Februar—0·8 |
| 23. August 16·1 | 17. August. 12·4 |

Die jährlichen Schwankungen des Minimums sind ziemlich übereinstimmend (12·8 und 13·2), von den Schwankungen des Maximums ist die im Innthale etwas grösser. Zwischen den

Jahrescurven der örtlichen Extreme besteht der zwischen dem Temperaturgang an den südlichen und dem an den nördlichen Expositionen vorhandene, durch eine entgegengesetzte zeitliche Verrückung der Winter- und Sommerextreme bedingte Unterschied, dessen Erklärung im nächsten Abschnitte gegeben wird. In Folge dieses ungleichen Verlaufes der Jahrescurven des örtlichen Maximums und Minimums ist auch die Temperaturdifferenz zwischen der kältesten und wärmsten Abdachung einer periodischen Änderung unterworfen. Es werden hiebei nachstehende Grenzwerte erreicht:

| Innthal | | Gschnitzthal | |
|-------------------------|-----|-------------------------|-----|
| 10.—15. Jänner . . | 2·2 | 15.—30. Jänner | 2·8 |
| 5.—15. Mai . . | 5·3 | 15.—20. April | 5·2 |
| 20. Juni—15. August . . | 4·5 | 25. Juni—5. August . | 2·4 |
| 15.—20. September . . | 5·4 | 10.—15. September | 4·0 |

Diese aus den Isothermentafeln direct nicht genau ablesbaren Zeit- und Temperaturwerthe wurden durch separate Curvenconstruction ermittelt.

Die Eintrittszeiten der extremen örtlichen Temperaturamplituden weichen bis auf die des Frühlingsmaximums, das sich im Innthal fast um einen Monat verspätet, nicht viel von einander ab. Erwähnenswerth ist die lange Constanz des Temperaturunterschiedes während des Sommers. In Bezug auf die Grösse stimmen die Frühlingswerthe überein, dagegen sind die Sommeramplituden im Innthale viel grösser.

Die beiden Maxima der örtlichen Schwankung der Bodenwärme entsprechen dem grossen Besonnungsgegensatze zwischen N- und S-Abdachung, welcher im Frühlinge und Herbste besteht, die beiden Minima fallen mit der Verminderung des genannten Gegensatzes zur Zeit des hohen und tiefen Sonnenstandes zusammen. Im Folgenden sind für den im Gschnitzthal stehenden Beobachtungshügel ($47^{\circ} 5'$ geogr. Breite) die Bestrahlungsintensitäten der S- und N-Abdachung ($36^{\circ} 30'$ Neigung), sowie ihre Differenz für das Winter- und Sommersolstitium und 11 dazwischenliegende um den sechsten Theil der Declination ($3^{\circ} 54' 40''$) absteigende Sonnenhöhen in relativen Zahlen angegeben. Es ist hiebei die Insolationsintensität an der Grenze der Atmosphäre

Änderung der Bodentemperatur.

bei senkrechtem Auffallen der Strahlen als 1000 gesetzt und der Absorptionscoefficient zu 0·75 angenommen.

| Sonnenhöhe | Bestrahlung | | Differenz |
|-------------|-------------|------------|-----------|
| | Südexpos. | Nordexpos. | |
| 19° 27' 0'' | 585·5 | 0 | 585·5 |
| 23 21 40 | 620·1 | 0 | 620·1 |
| 27 16 20 | 651·0 | 0 | 651·0 |
| 31 11 0 | 677·9 | 0 | 677·9 |
| 35 5 40 | 700·7 | 0 | 700·7 |
| 39 0 20 | 719·3 | 0·1 | 719·2 |
| 42 55 0 | 733·6 | 8·5 | 725·1 |
| 46 49 40 | 743·5 | 36·0 | 707·5 |
| 50 44 20 | 748·9 | 76·4 | 672·5 |
| 54 39 0 | 749·8 | 123·7 | 626·1 |
| 58 33 40 | 746·2 | 174·6 | 571·6 |
| 62 28 20 | 738·2 | 227·0 | 511·2 |
| 66 23 0 | 725·7 | 279·7 | 446·0 |

Das Maximum der Insulationsdifferenz fällt auf die Zeit des Äquinocmiums; das Sommerminimum ist etwas kleiner als das des Winters. Die Schneedecke ist im Winter geeignet, die örtliche Differenz der Bodentemperatur zu vermindern, indem die grössere Mächtigkeit des Schnees an den N-Gehängen das Eindringen der Kälte erschwert; zu Beginn des Frühlings, wenn die S-Gehänge bereits aper sind, hilft dagegen die Schneedecke der N-Gehänge den örtlichen Temperaturunterschied vergrössern, indem sie diesen Gehängen die ohnedies geringe Zufuhr von Sonnenwärme völlig entzieht. In Bezug auf die absoluten Werthe des örtlichen Temperaturunterschiedes ist zu bemerken, dass dieselben durch die Lage der Beobachtungsorte am Fusse südlicher Gehänge beeinflusst sind. Es ist klar, dass sich an einer im Vergleich zum Areal des gesammten insulationsbegünstigten Thalgehanges verschwindend kleinen nördlich exponirten Terrainfläche im Bereiche dieses Gehanges die Bodentemperatur höher stellen wird, als an der gegenüberliegenden Schattenseite des Thales.

Mit zunehmender Seehöhe vergrössert sich bei sonst gleichbleibenden Umständen der Wärmeunterschied zwischen N- und

S-Seite in Folge des Wachsens der Intensität der Sonnenstrahlung.¹ Dass nichtsdestoweniger die örtliche Wärmeschwankung für den um 560 m höher liegenden Hügel im Gschnitzthal etwas (-0.7°) geringer ausfällt, erscheint dadurch bedingt, dass, wie schon erwähnt, die Unterschiede zwischen den Resultaten beider Beobachtungsreihen keineswegs nur durch die ungleiche Höhenlage, sondern durch verschiedene Momente bedingt sind, welche zum Theil einander entgegengesetzte Wirkungen auf die Bodentemperatur ausüben.

Die Raschheit der Temperaturänderung von der kältesten zur wärmsten Exposition ist von dem Temperaturunterschied und dem Winkelabstand der beiden örtlichen Extreme abhängig. Da diese zwei Grössen einen verschiedenen Jahresverlauf zeigen, ist auch die Raschheit der örtlichen Temperaturänderung (das örtliche Temperaturgefälle) einer jährlichen Variation unterworfen. Die hiebei erreichten Grenzwerte sind im Folgenden durch den Expositionsunterschied ausgedrückt, welchem eine Wärmezunahme um 1° C. entspricht:

In der Richtung von N über E nach S:

| Innthal | | Gschnitzthal | |
|-----------------------|---------|-----------------------|---------|
| 10. Februar | 70° 17' | 10. December | 52° 22' |
| 20. Mai | 26 49 | 5. Mai | 27 8 |
| 15. August | 34 32 | 5. August | 69 15 |
| 10. September | 29 19 | 15. September | 40 27 |

In der Richtung von N über W nach S:

| Innthal | | Gschnitzthal | |
|---------------------|----------|---------------------|--------|
| 5. Jänner | 102° 12' | 5. Jänner | 82° 4' |
| 25. März | 33 22 | 5. April | 39 54 |
| 25. Juli | 47 21 | 25. Juli | 84 58 |
| 10. September | 36 43 | 25. September | 44 38 |

Diese Extreme stimmen mit Ausnahme des ersten hinsichtlich ihrer Eintrittszeit ganz gut überein. In Betreff der Winkelwerthe fällt besonders die grosse Verschiedenheit der Sommerminima auf.

¹ Indirecte, auf dem Verhalten von Vegetationsgrenzen beruhende Beweise hiefür in A. v. Kerner's „Pflanzenleben“, I. Bd., VI, 2.

und nach dem Solstitium senkrecht auf. Da das zweite Insolationsmaximum einen schon stark erwärmten Boden trifft, muss das Temperaturmaximum der Erdoberfläche mit demselben zeitlich zusammenfallen.

Es ist jedoch anzunehmen, dass mit wachsender Tiefe diese Verspätung der Wärmeculmination sich verringern werde und dass sie auch in einer bestimmten Tiefe umsoweniger mit der Zeitdifferenz zwischen dem Solstitium und den Insolationsmaximis gleichen Schritt halten könne, je mehr sich die genannte Differenz vergrössert, je steiler also ein Gehänge wird.

In Anbetracht der schon bei früherer Gelegenheit erwähnten Störungen, welche die solarklimatische Vertheilung der Bodewärme durch atmosphärische Zustände erleidet, kann ferner auch nicht erwartet werden, dass die grösste Verspätung des Temperaturmaximums genau auf die Südexposition falle.

Der im Gschnitzthale stehende Beobachtungshügel hat nach der Specialkarte eine geographische Breite von $47^{\circ} 4' 56.6''$. Die Neigung seiner NNE- und SSW-Seite ergibt sich nach einer Photographie übereinstimmend zu $36^{\circ} 30'$. Bei der grossen Regelmässigkeit des Hügels kann dieser Winkel mit grösster Wahrscheinlichkeit auch für die N- und S-Abdachung angenommen werden. Es ergibt sich dann für die Südexposition als Eintrittstag des Temperaturmaximums der Bodenoberfläche der 23. August, somit eine Verspätung von 63 Tagen gegenüber dem Solstitium. Hiemit stimmt die für 70 cm Tiefe sich ergebende Wärmeculmination zu Ende August ganz gut überein; dass jedoch auch an der N-Seite das Temperaturmaximum sich bis Mitte August verzögert, beruht auf der Abflachung local bedingter Anomalien durch den überwiegenden Einfluss der auf einem grösseren Flächenraume vorhandenen mittleren Temperaturverhältnisse.

Da die Insolation an dem N-Gehänge bis zum Sommersolstitium verhältnissmässig rasch wächst und dann wieder rasch sich vermindert, an der Südexposition dagegen eine Zeitlang vor dem Solstitium allmähig ab- und dann wieder allmähig zunimmt, hat im Sommer die Curve der Bodentemperatur an der S-Seite einen flacheren Scheitel als die Curve des N-Gehänges.

Für den Eintrittstag des Winterminimums der Bodentemperatur ergeben sich folgende Grenzwerte:

Änderung der Bodentemperatur.

| Innthal | | Gschnitzthal | |
|----------------|------------|---------------|------------|
| E 30° S . . . | 10. Jänner | E 40° S | 7. Februar |
| N 5° E | 5. März | W 40° N . . . | 1. März |

Die ersteren zwei dieser Extreme stimmen bezüglich ihrer Lage, die letzteren zwei in Betreff ihrer Eintrittszeit gut überein, dagegen differiren erstere hinsichtlich ihres Eintrittes um einen Monat, letztere in Bezug auf ihre Lage um mehr als 45° (Die Entfernung der Extreme beträgt 54 und 21 Tage.)

Die Ursache der Verspätung des Winterminimums an den nördlichen Expositionen ist in den Insolationsverhältnissen zu suchen. Durch die Schneedecke erfährt der Eintritt des Minimums an allen Expositionen eine Verzögerung, indem die nach dem tiefsten Sonnenstande wieder beginnende oder zunehmende Insolation eine Zeit lang zur Schneeschmelze verbraucht wird und alsdann noch das eiskalte Schmelzwasser einen abkühlenden Einfluss ausübt.¹

Die so bedingte Verspätung des Minimums ist nun an der N-Seite viel grösser, denn während an den S-Gehängen alsbald nach dem Eintritt des Wintersolstitiums die Sonnenstrahlung wieder zunimmt, bleiben alle nördlichen Gehänge, deren Neigung grösser ist als die Sonnenhöhe zur Zeit der Wintersonnenwende, noch längere Zeit ganz im Schatten. Die Schneeschmelze geht an der N-Seite auch langsamer vor sich, da die Insolation viel geringer, die Schneedecke dagegen mächtiger ist. Es zeigt darum, entgegen dem Verhalten im Sommer, während des Winters die Temperaturecurve der nördlichen Exposition einen flacheren Scheitel als die Curve des S-Gehänges.

Für den im Gschnitzthal stehenden Beobachtungshügel ergibt sich der 5. März als Beginn der Insolation an der N-Seite nach 147tägiger continuirlicher Beschattung derselben. Die Winterschneedecke schmilzt in der Seehöhe der Beobachtungsorte im Mittel an folgenden Tagen ab:

| | Innthal | Gschnitzthal |
|-------|-------------|-------------------|
| S . | 21. Februar | S . . . 25. März |
| N . . | 12. März | N . . . 17. April |

¹ Woeikoff: Der Einfluss einer Schneedecke auf Boden, Klima und Wetter, Cap. I und IX. Penck's geogr. Abhandlungen, III, 3.

Das Minimum der Bodentemperatur tritt demzufolge im Inn- und Gschnitzthale lange Zeit vor dem Abschmelzen der Schneedecke ein. Diese eigenthümliche Erscheinung ist wohl durch den Föhn bedingt, welcher in beiden Thälern nicht selten gegen Ende des Winters die unteren Gehänge vom Schnee befreit, der Insolation zugänglich macht und selbst erwärmt, alsdann aber Feuchtigkeit mitbringt, welche sich als neue Schneedecke niederschlägt und bei Wiedereintritt kalter Witterung den Boden vor dem vollständigen Verluste der während der Föhntage erworbenen Wärme schützt. Die Temperaturzunahme nach dem Minimum ist übrigens zuerst nur eine äusserst geringe, und ein Vergleich der Zeit, in welcher die Frühlingsisothermen näher zusammenzurücken beginnen, mit dem Zeitpunkt des Abschmelzens der Winterschneedecke zeigt, dass auch in den genannten Thälern das letzterwähnte Ereigniss das eigentliche Signal zum Ansteigen der Bodenwärme bildet.

Schneesmelze und Ansteigen der Bodentemperatur beginnen an den N-Abhängen der beiden Beobachtungshügel in Folge ihrer Lage im Bereiche insulationsbegünstigter Thalseiten früher als an den Schattenseiten der betreffenden Thäler.

Da die besprochenen Verschiebungen der Jahrestreme der Bodentemperatur durch die für die mittleren Nordbreiten allgemein geltenden Insulationszustände bedingt sind, müssen dieselben unter gleichen Terrainverhältnissen in den ganzen Alpen in analoger Weise vorhanden sein; dagegen werden sich in Bezug auf die genannten Erscheinungen im Bereiche desselben Thales grosse, von den Neigungswinkeln der Gehänge abhängige Verschiedenheiten zeigen.

Die zeitlichen Verschiebungen des Sommermaximums und Winterminimums der Bodentemperatur erfolgen in ungleicher Weise und in entgegengesetzter Richtung. Es erfährt darum auch das Verhältniss des auf- und absteigenden Astes der Temperaturcurve eine Änderung mit der Exposition. Es werden hiebei nachstehende Grenzwerte erreicht:

| | Innthal | | | Gschnitzthal | |
|---------|---------|--------|---------|--------------|--------|
| | Steigen | Fallen | | Steigen | Fallen |
| N 5° E | 171 | 194 | W 80° N | 174 | 191 |
| S 30° W | 241 | 124 | E 40° S | 197 | 168 |

Das kürzeste Steigen und längste Sinken der Bodentemperatur findet an beiden Orten ungefähr an derselben, das längste Steigen und kürzeste Sinken dagegen an etwas abweichenden Expositionen statt. Die Formen der Temperaturcurven sind an der N-Seite ganz übereinstimmend, an der S-Seite ist hingegen die Curve im Innthale viel mehr asymmetrisch. In nachfolgenden Richtungen der Windrose hat die Temperaturcurve (von secundären Unregelmässigkeiten abgesehen) eine symmetrische Gestalt:

| | |
|---------|--------------|
| Innthal | Gschnitzthal |
| N 35° E | N 35° E |
| W 65° N | W 20° N |

An den zwischen diesen Compassrichtungen liegenden nördlichen Expositionen dauert das Sinken der Bodentemperatur länger als das Steigen, an den übrigen Abhängen verhält es sich umgekehrt. Bei Vergleich der nördlichen mit der südlichen Thal-seite würde sich ein noch grösserer Unterschied in Bezug auf das Zeitverhältniss des Auf- und Absteigens ergeben, da die Nordcurve der Beobachtungsorte, wie schon erwähnt, eine Assimilation an die Temperaturverhältnisse der Südexposition zeigt und ein späteres Sommer- und früheres Winterminimum aufweist, als der Schattenseite des Thales entsprechen würde.

IV. Die Änderung der jährlichen Temperaturschwankung mit der Exposition.

Für die Zahlenwerthe des Sommer- und Winterextrems der Bodentemperatur ergeben sich nachstehende Grenzen:

Für das Sommermaximum:

| | |
|--------------------|--------------------|
| Innthal | Gschnitzthal |
| N 16·1 | N 12·4 |
| E 67° S . . . 20·8 | E 76° S . . . 15·0 |

Für das Winterminimum:

| | |
|-------------------|------------------------|
| Innthal | Gschnitzthal |
| N 7° E 3·3 | N 13° E —0·8 |
| S 50° W 5·8 | S 38° W 2·2 |

Die örtlichen Schwankungen des Minimums differiren nicht viel ($2\cdot5^\circ$ und 3°), von den Schwankungen des Maximums ist die im Innthale bedeutend grösser. Die Compassrichtungen der extremen Werthe stimmen ziemlich gut überein. Das Sommermaximum und Winterminimum der Bodentemperatur culminiren in Folge der früher besprochenen Drehungen der örtlichen Extreme an etwas abweichenden Expositionen. Es erfährt darum auch die jährliche Temperaturschwankung eine Änderung mit der Exposition. Es werden hiebei nachstehende Grenzwerte erreicht:

| Innthal | | Gschnitzthal | |
|--------------------------------|------|--------------------------------|------|
| E 40° — 67° S... | 16·4 | E 35° — 45° S... | 14·3 |
| W 80° N—N.... | 12·8 | S 38° — 57° W | 12·3 |

Diese Winkel- und Temperaturwerthe wurden wie die früher mitgetheilten Extreme der örtlichen Wärmeschwankung durch separate Curvenconstruction bestimmt. Die Richtungen der grössten Jahresamplituden stimmen zum Theile ganz überein, die Lagen der geringsten jährlichen Schwankung sind dagegen gänzlich verschieden (im Innthale N, im Gschnitzthale SW). Dem Zahlenwerthe nach ist die maximale Amplitude im Innthale grösser (um $2\cdot1^\circ$).

Indem die SE-Seite sich in Bezug auf ihre Temperaturverhältnisse im Winter an die nördlichen, im Sommer an die südlichen Expositionen anschliesst, erreicht an ihr die jährliche Wärmeschwankung des Erdbodens den grössten Werth. Auf der Isothermentafel des Innthales befindet sich ein den Richtungen E 11° — 31° S entsprechender 20° breiter Streifen, welcher sämmtliche Isothermen schneidet und auf der Isothermentafel des Gschnitzthales gibt es wenigstens eine der Richtung E $13^\circ 30'$ S entsprechende Linie, welche die tiefste und höchste Isotherme noch tangirt.

Im Gegensatz hiezu ist an der SW-Seite, indem hier die Temperatur im Winter am wenigsten tief sinkt, im Sommer aber nicht so hoch wie im SE steigt, die jährliche Temperaturschwankung am geringsten. Im Innthale fällt zwar der geringste Werth auf die N-Seite, doch hat die SW-Seite wenigstens die zweitkleinste Amplitude.

sitionen sehr deutlich zum Ausdrucke und würde bei Vergleichung der SE- und SW-Exposition vielleicht noch schärfer hervortreten.

Die Raschheit des Ansteigens und Fallens der Bodentemperatur hängt von der Grösse der jährlichen Temperaturschwankung und der zeitlichen Entfernung der beiden Jahresextreme ab. Da diese zwei Grössen einen verschiedenen örtlichen Verlauf zeigen, ist auch die Raschheit des Steigens und Fallens der Bodenwärme einer Änderung mit der Exposition unterworfen. Die hiebei erreichten Grenzwerte sind im Folgenden durch die Anzahl der Tage ausgedrückt, denen eine Temperaturänderung von 1° C. entspricht:

Ansteigen:

| Innthal | | Gschnitzthal | |
|------------------|------|------------------|------|
| N 35° E | 12·7 | N 45° E | 13·3 |
| S 55° W | 17·1 | S 50° W | 15·9 |

Fallen:

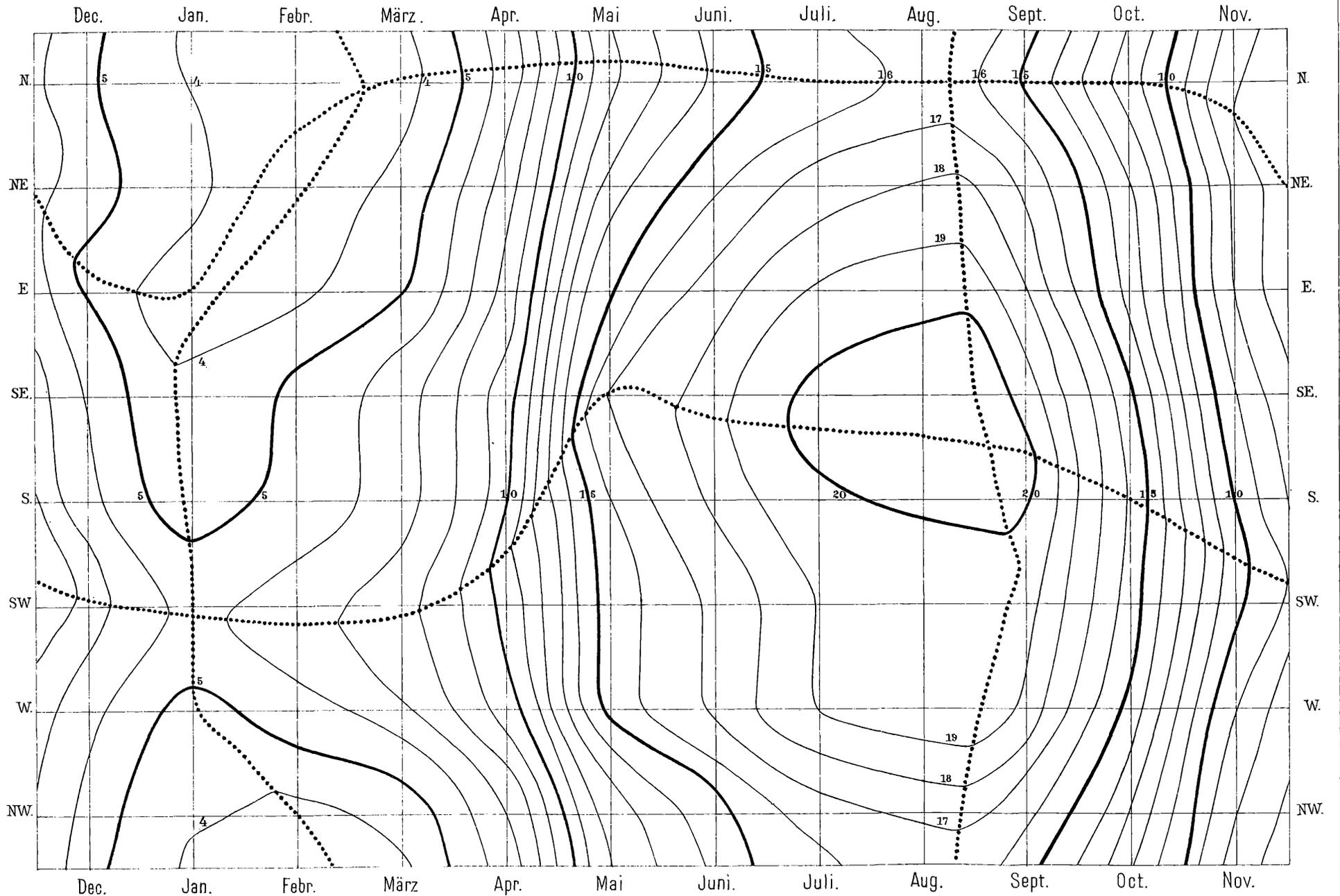
| Innthal | | Gschnitzthal | |
|----------------------|------|----------------------|------|
| W 85° N... | 15·0 | W 65° N... | 15·2 |
| E 65° S.... | 7·7 | E 45° S.... | 11·5 |

Diese Extreme stimmen in Bezug auf Lage und Zeitwerth ziemlich überein, nur das rascheste Sinken der Temperatur vollzieht sich im Innthale schneller.

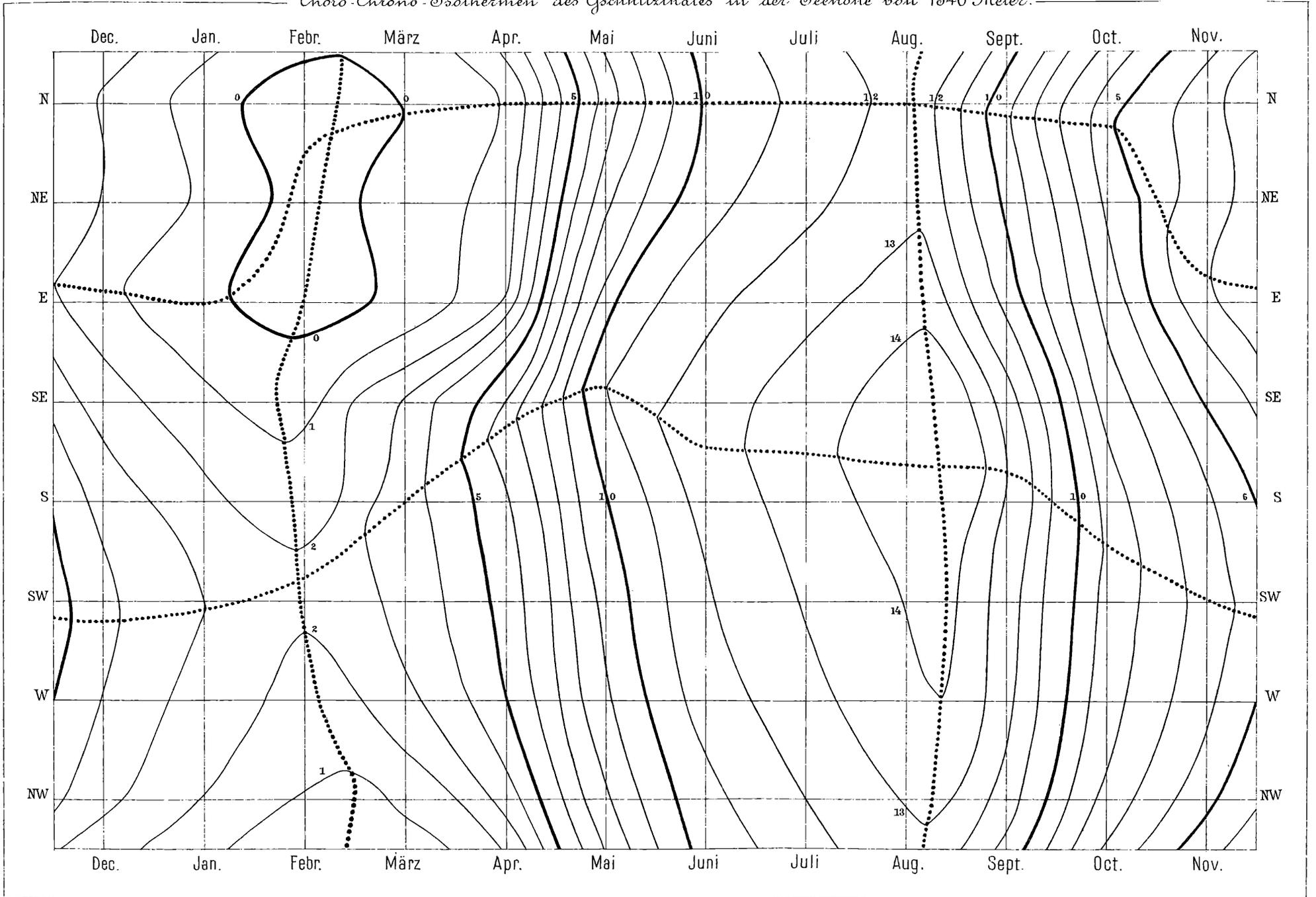
Das Ansteigen der Temperatur erfolgt nicht gleichmässig, sondern an allen Expositionen zuerst allmähig, dann von Mitte April bis Mitte Mai sehr schnell, hierauf wieder langsam, das Fallen geht zuerst rasch, dann (im Innthale von Anfang November an, im Gschnitzthale von Mitte October an) langsamer vor sich. Von den im Laufe eines Monats sich vollziehenden Temperaturänderungen ist jene die schnellste, welche von Mitte April bis Mitte Mai an der E-Seite im Gschnitzthale geschieht. Es steigt daselbst die Bodenwärme um $7\cdot7^{\circ}$ C., was einer Zunahme von 1° C. in 4 Tagen entspricht. Im Gegensatz hiezu zeigt die Bodentemperatur zwischen der SSW- und WSW-Seite von Mitte Juli bis gegen Ende September im Innthale fast gar keine Veränderung.

Zum Schlusse mögen die theilweise schon mitgetheilten Coordinaten der vier charakteristischen Punkte der Temperatur-

Choro-Chrono-Isothermen des Innthaltes in der Seehöhe von 780 Meter.



Choro-Chrono-Isothermen des Gschnitzthales in der Seehöhe von 1340 Metern.



fläche, nämlich des höchsten Punktes der Kuppe, des tiefsten Sattelpunktes der Kammlinie, des höchsten Sattelpunktes zwischen den zwei Thälern und des tiefsten Punktes der Mulde nochmals in übersichtlicher Zusammenstellung folgen:

Schnittpunkt der Curve des örtlichen Maximums mit der Curve des Sommermaximums:

| Innthal | Gschnitzthal |
|-----------------------------|----------------------------------|
| E 67° S 4. September ..20·8 | E 76° S 25. August15·0 |

Schnittpunkt der Curve des örtlichen Maximums mit der Curve des Winterminimums:

| Innthal | Gschnitzthal |
|---------------------------------|-------------------------|
| S 50° W 15. Jänner5·8 | S 38° W 13. Februar 2·2 |

Schnittpunkt der Curve des örtlichen Minimums mit der Curve des Sommermaximums:

| Innthal | Gschnitzthal |
|----------------------------|----------------------------|
| N 23. August16·1 | N 17. August12·4 |

Schnittpunkt der Curve des örtlichen Minimums mit der Curve des Winterminimums:

| Innthal | Gschnitzthal |
|--------------------|-------------------------------|
| N 7° E 5. März 3·3 | N 13° E 23. Februar . . .—0·8 |

Die Differenz zwischen der wenigst hohen Temperatur, bis zu welcher der Boden im Sommer sich erwärmt, und der wenigst tiefen, bis zu welcher er im Winter erkaltet, beträgt im Innthale 10·3°, im Gschnitzthale 10·2° C. Der Unterschied zwischen dem höchsten Werth, welchen die Bodentemperatur im Sommer erreicht, und dem tiefsten, bis zu welchem sie im Winter sinkt, beträgt im Innthale 17·5°, im Gschnitzthale 15·8°. Die ersten zwei Werthe stimmen ganz überein, die absolute periodische Temperaturamplitude ist im Gschnitzthale etwas kleiner.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Sitzungsberichte der Akademie der Wissenschaften mathematisch-naturwissenschaftliche Klasse](#)

Jahr/Year: 1891

Band/Volume: [100_2a](#)

Autor(en)/Author(s): Kerner von Marilaun Fritz (Friedrich)

Artikel/Article: [Die Änderung der Bodentemperatur mit der Exposition. 704-729](#)