

**Mitteilungen**  
des  
**Deutschen Wetterdienstes**

**Nr. 22**  
(Band 3)

DK 551.525

**Über den Einfluß von Exposition und  
Bewuchs auf die Erdbodentemperaturen**

von

**Karl Heigel**

(mit 9 Abbildungen und 17 Tabellen im Text)

Offenbach a. M. 1960  
Selbstverlag des Deutschen Wetterdienstes

## Inhalt

	Seite
Zusammenfassung .....	3
Abstract .....	3
1. Die Bodentemperaturen im „normalen“ Feld und der Einfluß der Vegetation .....	4
2. Der Einfluß der Exposition .....	7
2.1 Der Südhang .....	7
2.2 Der Nordhang .....	14
3. Die Sonneneinstrahlung auf den Hängen .....	18
3.1 Allgemeines .....	18
3.2 Die Meßergebnisse .....	19
4. Die Ausstrahlung und ihr Einfluß auf die Bodentempe- raturen an den Hängen .....	21
5. Der Wärmefluß bei verschiedenen Expositionen .....	24
5.1 Schönwetterperiode .....	24
5.2 Abkühlung im Boden .....	26
6. Der Jahresgang der Bodentemperaturen in 20 cm Tiefe	35
Literatur .....	36



Anschrift des Verfassers:

Dipl.-Met. K. Heigel, Hohenpeißenberg/Obb.,  
Meteorologisches Observatorium

## Zusammenfassung

An Hand dreijähriger Meßreihen von Bodentemperaturen an nord- und südexponierten und horizontal gelegenen Meßfeldern mit und ohne Vegetation werden die durch Vegetation und Exposition verursachten Einflüsse aufgezeigt. Die Vegetation vermindert die Amplitude der Bodentemperaturen, indem sie einer zu starken Erwärmung vorbeugt und andererseits eine entsprechende Abkühlung verhindert. Der Einfluß der Exposition ist naturgemäß am Südhang am stärksten ausgeprägt. Während sich die Temperaturmittel vom Nordhang und dem horizontalen Feld nur wenig unterscheiden, ist der Südhang im Frühjahr und Herbst gegenüber der horizontalen Fläche und dem Nordhang am stärksten begünstigt. Ein Vergleich der Differenzkurven der Monatsmittel der Temperaturen Südhang minus Nordhang mit der Differenzkurve der Monatsmittel der Strahlung zeigt die große Strahlungsabhängigkeit der Bodentemperaturen an den Hängen. Der Jahresgang der Bodentemperaturen der verschiedenen Meßfelder in 20 cm Tiefe gibt anschaulichen Überblick des Zusammenwirkens des Einflusses der Faktoren Exposition und Vegetation im Verlauf des Jahres.

## Abstract

By means of a three years series of soil temperature readings made in bare and grassy soil on southern and northern slopes, the influences of exposition and vegetation are demonstrated. The vegetation reduces the amplitude of soil temperatures by preventing strong heating and subsequent cooling. The influence of the exposition is obviously most accentuated on the southern slope. While the mean temperatures of the northern slope and the horizontal field differ only very little, the southern slope is much favoured in spring and autumn as compared with the other fields. The extraordinary dependence on radiation of the soil temperatures on the slopes is shown by comparing the difference curves of the monthly mean temperatures southern slope minus northern slope with the difference curve of the monthly mean radiation. The annual variation of soil temperatures observed in different fields at a depth of 20 cm reveals the concurrence of the influencing factors exposition and vegetation during the course of the year.

„In den Alpen sind Nordhang und Südhang zwei grundverschiedene Standorte für alles, was lebt und auf die Sonne angewiesen ist. Während zur selben Frühjahrszeit am schneebedeckten Nordhang noch alles tot ist, blühen am Südhang zwischen dem abschmelzenden Schnee, ja oft noch unter der Schneedecke, schon die ersten Blumen.“ Mit diesen Worten schildert Geiger (1) treffend den extremen klimatischen Unterschied nord- und süd-exponierter Hänge und weist

gleichzeitig auf den Faktor hin, der alle diese Unterschiede hervorruft: die Sonneneinstrahlung. Hanglage und Hangneigung dosieren den Strahlungsgenuß und führen zu den Verschiedenheiten, welche so auffällig in Erscheinung treten. In erster Linie wirkt sich der verschiedene Strahlungsgenuß in den Bodentemperaturen aus, welche wiederum variiert werden durch Unterschiede in den Böden (2), durch unterschiedliche Bodenfeuchte und vor allem durch unterschiedlichen Bewuchs. Um die verschiedenen Einflüsse von Bewuchs und Exposition zu studieren, wurden auf dem Hohenpeißenberg im Rahmen der Arbeiten des Meteorologischen Observatoriums verschieden exponierte Bodentemperaturmeßfelder angelegt und über drei Jahre (1951—1953) Messungen durchgeführt. Die Meßfelder lagen im Gipfelbereich des Hohenpeißenbergs zwischen 970 und 980 m NN, und zwar auf einem Nordhang (N) innerhalb des Observatoriumsgeländes auf einem Wiesenhang von ca. 18.5 Grad Neigung, auf einem Südhang (S) mit ca. 22 Grad Neigung und auf dem „Hauptfeld“ (H) innerhalb des Hüttengeländes des Observatoriums. Um auch den Einfluß der Vegetation zu erfassen, waren diesen drei Meßfeldern „ohne Bewuchs“ je ein Meßfeld mit Grasbewuchs (Vegetation) zugeordnet (NV, SV, HV). Am Meßfeld NV wurde nur 1952 und 1953 beobachtet. Als Bezugsmeßfelder für Nord- und Südhang dienten die horizontal gelegenen Meßfelder H und HV. Die Hangrichtung der nach Norden orientierten Meßfelder lag bei 345 Grad, die der nach Süden orientierten Meßfelder bei 165 Grad. Alle Meßfelder waren mit Thermometern für 2, 5, 10, 20, 50 und 100 cm Tiefe versehen. Die Bodenbeschaffenheit konnte für alle Meßfelder als gleich angesehen werden (dünne Humusschicht über Lehmboden) und die Meßfelder lagen auch nicht so weit voneinander entfernt, daß die äußeren meteorologischen Faktoren, deren Einfluß auf die Bodentemperatur von Siegenthaler (3) eingehend untersucht wurde, verschieden waren. Es waren somit für die Bodentemperaturen nur die durch die Exposition und Bewuchs hervorgerufenen Abwandlungen des Einflusses der meteorologischen Faktoren von Bedeutung. Um gleichzeitig den verschiedenen Strahlungsgenuß der Hänge zu erfassen, waren an beiden Hängen parallel zur Hangneigung Aktinographen nach Robitzsch aufgestellt, mit welchen während des gleichen Zeitraumes die Einstrahlung registriert wurde. Auskunft über die nächtliche Ausstrahlung gaben an allen Meßfeldern ausgelegte Minimumthermometer. Die Ablesungen erfolgten wie üblich zu den Klimaterminen. Die Meßergebnisse wurden tabellarisch erfaßt und entsprechend ausgewertet.

## 1. Die Bodentemperaturen im „normalen“ Feld und der Einfluß der Vegetation

Die Vegetation verändert das Klima der bodennahen Luftschicht, indem sie tagsüber den Boden mehr oder weniger beschattet und nachts durch Vergrößerung der ausstrahlenden Oberfläche zu einer stärkeren Abkühlung der bodennächsten Luftschicht führt. Daß unter diesen Umständen die Bodentemperaturen unter Vegetation und alle damit zusammenhängenden Faktoren andere sein müssen als in unbewachsenem Boden, ist leicht verständlich. Diese durch die Vegetation hervorgerufenen Änderungen der Bodentemperaturen dürfen nicht übersehen werden. Die Bodentemperaturen in einem Getreidefeld oder in einem Kleeacker können selbstverständlich nicht identisch sein mit denen des nackten Bodens. Es stimmt z. B. auch die mit Hilfe der Bodentemperatur in einem unbewachsenen Feld bestimmte Frosttiefe nicht mit der des bewachsenen Bodens überein. Die üblichen Bodentemperaturwerte sind also keinesfalls auf bewachsene Böden übertragbar. Mit der Messung der Bodentemperaturen unter Grasbewuchs erhält man zwar auch nicht die Werte unter Klee, aber sie kommen diesen doch etwas näher. Die Bodentemperaturen unter Grasbewuchs netzmäßig zu erfassen, ist leider nicht möglich. So leicht es ist, ein Meßfeld vegetationsfrei zu halten, so schwierig ist es, in einem Netz die Meßfelder mit Vegetation so zu erhalten, daß sie homogen sind und vergleichbare Werte liefern. In kleinem

Rahmen, wie im vorliegenden Falle, ist es jedoch durchaus möglich, die Meßfelder homogen zu halten, so daß die Meßwerte vergleichbar waren. Ganz allgemein gesprochen kommt es hier weniger auf die Vergleichbarkeit der Werte an, als vielmehr darauf, daß überhaupt Meßwerte vorhanden sind. Es würde schon genügen, daß an den Stellen, die sich aus der Praxis heraus mit Bodentemperaturen unter Bewuchs befassen müssen, für einen mehr oder weniger langen Zeitraum Parallelmessungen in Vegetationsfeldern durchgeführt werden. Die dabei gemachten Erfahrungen erlauben es später ohne weiteres, aus den üblichen Bodentemperaturen auf solche unter Bewuchs Schlüsse zu ziehen.

Um nun einen Einblick in die Bodentemperaturen in der Höhenlage des Hohenpeißenbergs und gleichzeitig einen Begriff über den Einfluß der Vegetation zu haben, werden zunächst die Meßergebnisse der horizontalen Meßfelder H und HV betrachtet, wobei es zweckmäßig erscheint, den Einfluß der Vegetation an den verschiedenen Meßfeldern nicht in einem besonderen Kapitel zu betrachten, sondern immer im Zusammenhang mit dem zugehörigen Meßfeld ohne Vegetation. In der Tabelle 1 sind die Monatsmittel der Bodentemperaturen aller Tiefen von H und HV enthalten. Aus den Mittelwerten geht hervor, daß HV ab September in allen Tiefen wärmer ist als H. Diese höhere (oder gleiche) Temperatur bleibt (mit Ausnahme 100 cm im Januar und Februar) bis in den März bestehen. Ab April ist HV in den Tiefen bis 20 cm und ab Mai bis 50 cm kälter als H. Die Tiefenstufe 100 cm ist mit Ausnahme der bereits genannten Monate Januar und Februar während des ganzen Jahres hindurch gleich warm oder wärmer als H. Betrachtet man die ebenfalls für H und HV vorliegenden Mittelwerte für die Jahre 1951—1958, auf deren tabellarische Darstellung jedoch verzichtet werden soll, so sind die Fälle, an denen HV kälter ist, zwar fast gleich, insgesamt jedoch gibt es einige Verschiebungen, derart, daß die Tiefenstufe 50 cm durchweg gleich oder höher temperiert ist, daß sich der in Tab. 1 wärmere März umgekehrt verhält und daß im ganzen gesehen die Differenzen geringer sind als im dreijährigen Mittel, wohl die Folge der im Laufe der Jahre zunehmenden Beschattung durch den nahen Wald.

Die Grasnarbe wirkt schützend und dämpfend. Die Amplitude des Jahrganges wird in den oberen Schichten verringert: Die Temperaturen steigen nicht so hoch an, sinken aber andererseits auch nicht so tief ab. Im Winter wirken Grasnarbe und Schneedecke in gleicher Richtung und verhindern eine zu starke Abkühlung der oberen Bodenschichten.

Ein wesentlich anderes Bild ergeben die mittleren Höchst- und Tiefsttemperaturen von H und HV im gleichen Zeitraum. Nur noch im Januar und Februar (Schneedecke !) liegen bei HV die mittleren Höchsttemperaturen aller Tiefen über denen von H (Tab. 2). Mit fortschreitender Jahreszeit hat nur noch die Tiefenstufe 100 cm bis Juni eine positive Temperaturabweichung. Von September an ist die Stufe 100 cm wieder wärmer, der dann ab Oktober die Tiefenstufen 20 und 50 cm folgen. Die Begünstigung des mit einer Grasnarbe bedeckten Bodens im Sinne einer geringeren Abkühlung geht im besonderen aus Tab. 3 hervor. Von drei geringfügigen Ausnahmen abgesehen, liegen die mittleren Tiefsttemperaturen in allen Tiefen während des ganzen Jahres höher als bei H. Die Mittelwerte der Höchst- und Tiefsttemperaturen der gleichen Felder für die Jahre 1951—1958 ergeben übrigens das gleiche Bild wie die Tab. 2 und 3. Deshalb kann auf ihre tabellarische Wiedergabe verzichtet werden.

Als Ergebnis kann zusammenfassend festgestellt werden, daß die Temperaturen unter der Grasnarbe im Sommer niedriger liegen als unter unbewachsenem Boden (von tieferen Schichten abgesehen). Bei den mittleren Höchsttemperaturen ist dies, wieder von tieferen Schichten abgesehen und mit Ausnahme Januar und Februar, das ganze Jahr hindurch der Fall. Bei den mittleren Tiefsttemperaturen dagegen liegen die Werte in allen Tiefen bei HV höher als bei H. Daß dies kein Zufall ist, bestätigen die Mittelwerte  $T_{m}$  der Jahre 1951—1958.

Tab. 1  
 Bodentemperaturen (Monatsmittel 1951/53) der verschiedenen Tiefen,  
 Messfelder H und HV  
 Stark umrandet: HV gleiche oder höhere Temperaturen als H

Messfeld	Tiefe	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
H	2 cm	-0.8	-0.5	1.0	7.9	12.7	16.6	19.9	17.7	12.5	7.1	2.0	-0.3
	5 cm	-0.6	-0.3	1.0	7.7	12.4	16.2	19.5	17.5	12.6	7.3	2.2	-0.0
	10 cm	-0.4	-0.3	0.9	7.5	12.0	15.6	19.0	17.3	12.6	7.3	2.3	0.3
	20 cm	0.1	0.1	0.9	6.9	11.3	14.9	18.3	17.0	12.9	7.7	3.0	0.8
	50 cm	1.1	0.9	1.3	5.7	9.8	13.2	16.5	16.1	13.3	8.8	4.6	2.2
	100 cm	2.8	2.3	2.1	4.5	7.8	10.7	13.8	14.4	13.1	10.0	6.7	4.2
HV	2 cm	-0.4	-0.4	1.2	7.3	11.4	15.4	18.4	16.8	12.6	7.8	3.1	0.2
	5 cm	-0.3	-0.3	1.0	7.1	11.3	15.2	18.1	16.8	12.7	7.9	3.1	0.5
	10 cm	-0.2	-0.2	1.0	7.2	11.3	15.0	18.0	16.9	13.0	8.1	3.4	0.6
	20 cm	0.3	0.2	1.2	6.8	10.7	14.4	17.5	16.6	13.2	8.5	4.0	1.2
	50 cm	1.3	1.0	1.6	6.0	9.7	13.1	16.0	15.9	13.6	9.7	5.5	2.6
	100 cm	2.7	2.1	2.1	4.7	8.0	11.0	13.8	14.5	13.5	10.6	7.3	4.4

## 2. Der Einfluß der Exposition

### 2.1. Der Südhang

Zur Hervorhebung des Einflusses der Exposition wurden zunächst wiederum die in Tabellen zusammengefaßten Meßergebnisse herangezogen. Die Tabellen enthalten gleich die Differenzen. Alle Meßfelder von Nord- und Südhang wurden mit den Standardfeldern H und HV verglichen. Tab. 4 gibt einen Überblick über die Differenzen der Temperaturmittel der Jahre 1951—1953 von S und H sowie von SV und HV. Es ist ganz selbstverständlich, daß der Südhang immer wärmer ist als das horizontal gelegene Meßfeld Hauptfeld. Die Differenz S—H ist aber keineswegs, wie man vielleicht annehmen möchte, im Sommer, zur Zeit des Sonnenhöchststandes, bei am Südhang nahezu senkrechtem Einfall der Strahlung am größten, sondern weist im Laufe des Jahres zwei markante Maxima auf: im März und im September/Oktober. Dabei ist das Frühjahrsmaximum noch am stärksten ausgeprägt. Mit 3.8 Grad wird im März in 2 cm Tiefe die überhaupt größte Temperaturdifferenz des ganzen Jahres erreicht. In 100 cm Tiefe liegt im Frühjahr das Maximum der Temperaturdifferenz S—H erst im April. Die Herbstmaxima fallen ab 10 cm Tiefe in den Oktober. Die Temperaturdifferenzen SV—HV verlaufen in ähnlichem Sinne, nur daß dort alle Maxima in den März und mit Ausnahme der Tiefenstufe 100 cm in den Oktober fallen. In der Tiefenstufe 100 cm gibt es im Herbst kein Maximum mehr.

Daß gerade im Frühjahr und Herbst die größten Differenzen erreicht werden, hängt offenbar damit zusammen, daß zu diesen Zeiten der Südhang gegenüber dem horizontalen Hauptfeld am stärksten bevorzugt ist. Siegenthaler (3) erwähnt, daß im März und Ende Oktober bis Anfang November die Bodentemperatur Werte annimmt, die wenig mit äußeren Einflüssen zusammenhängen. Kommt im Sommer der Wärmestrom von oben, so kehren sich die Verhältnisse in der kalten Jahreszeit um. Bildet man die Temperaturdifferenzen der einzelnen Tiefenstufen von H und HV (Tab. 5), so zeigt sich, daß der März der letzte und der September der erste Monat der negativen Differenzen ist (Temperaturzunahme mit der Tiefe). Während der übrigen Monate ist die höhere Schicht immer wärmer als die tiefere (positive Differenz). An den Differenzbeträgen erkennt man, daß sich im März und September die Umstellung vollzieht: die Umstellung der Temperaturumkehr. Bei HV sind die Beträge kleiner und lassen eine gewisse Verzögerung erkennen. Am Südhang dagegen sind die Verhältnisse ganz anders. Bildet man bei S die gleichen Differenzen (Tab. 6), so zeigt sich, daß im Frühjahr die Temperaturumkehr bereits im Februar einsetzt und im Herbst erst im Oktober vollendet ist. Wenn im Frühjahr und Herbst äußere Einflüsse nur wenig auf die Bodentemperatur einwirken, dann gilt dies nicht für einen Südhang. Die durch die Sonneneinstrahlung am Südhang hervorgerufene Verschiebung der Zeiten der Temperaturumkehr ist die Ursache dafür, daß bei den Temperaturdifferenzen Südhang-Hauptfeld die Maxima im März und Oktober/September auftreten. Um diesem Umstand noch etwas näher zu kommen, wurden die mittleren Temperaturdifferenzen S—H für die drei Klimatermine gebildet. Es zeigt sich, daß die Maxima bei allen Terminen ausgebildet sind, am schwächsten bei Termin I (07<sup>00</sup> MOZ), am stärksten bei Termin II (14<sup>00</sup> MOZ) (Tab. 7), wo im März in 2 cm Tiefe mit 8.1 Grad die größte Differenz erreicht wurde, wie überhaupt beim Termin II das Frühjahrsmaximum sehr scharf ausgeprägt ist. Beim Termin I sind die Differenzen naturgemäß am kleinsten, weil die nächtliche Ausstrahlung bei allen Feldern gleichmäßig wirkt. Beim Termin III (21<sup>00</sup> MOZ) sind die Frühjahrsmaxima der Temperaturdifferenz ebenfalls recht gut ausgeprägt, während man im Herbst von einem breiten Maximum im September/Oktober sprechen kann. Die Differenzen SV—HV zeigen genau die gleichen Zusammenhänge, nur daß hier das Herbstmaximum im Oktober gut ausgeprägt ist.

Tab. 2  
 Mittlere Höchsttemperaturen (1951/53) der verschiedenen Tiefenstufen, H und HV  
 Stark umrandet: HV wärmer

Mieß- feld	Tiefe	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
H	2 cm	0.1	0.0	13.7	22.1	29.4	32.7	34.6	32.4	25.7	15.2	8.9	5.1
	5 cm	0.1	0.0	11.1	18.7	26.3	30.2	31.7	29.5	23.3	14.0	8.2	4.8
	10 cm	0.0	-0.1	9.0	15.2	22.3	26.1	27.6	26.1	20.6	12.5	6.8	3.9
	20 cm	0.3	0.2	5.9	12.5	18.3	21.0	23.7	23.0	18.8	11.2	6.0	3.0
	50 cm	1.4	1.0	3.3	8.9	13.3	15.8	16.5	18.7	16.7	11.0	6.6	3.7
	100 cm	3.3	2.5	2.8	6.4	9.6	12.1	14.6	15.3	14.5	11.6	8.5	5.2
HV	2 cm	0.4	0.0	11.1	16.9	21.8	24.7	26.9	25.0	20.0	13.3	7.1	3.6
	5 cm	0.2	0.0	8.0	13.4	19.4	22.7	24.4	23.1	19.1	12.5	6.8	3.9
	10 cm	0.1	0.0	7.1	12.6	18.3	21.1	23.1	22.1	18.4	12.1	6.7	3.5
	20 cm	0.7	0.3	5.8	10.9	15.6	18.2	20.7	19.8	17.4	11.6	6.5	3.4
	50 cm	1.8	1.2	3.8	8.8	12.4	14.9	17.1	17.4	15.9	11.7	7.6	4.2
	100 cm	3.3	2.7	2.9	6.6	9.7	12.3	14.5	15.0	14.7	12.3	9.1	5.7

Tab. 3  
 Mittlere Tiefsttemperaturen (1951/53) der verschiedenen Tiefenstufen, H und HV.  
 Gestrichelt umrandet: HV kälter.

Messfeld	Tiefe	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
H	2 cm	-2.0	-1.2	-1.5	-0.1	1.9	8.0	10.2	9.5	3.1	-0.7	-1.1	-2.0
	5 cm	-1.8	-1.2	-1.4	0.3	2.8	8.5	10.8	9.8	4.4	0.7	-0.3	-1.4
	10 cm	-1.0	-0.7	-0.8	0.4	3.0	8.5	11.6	10.4	5.9	1.7	0.2	-0.5
	20 cm	-0.3	-0.1	0.0	1.0	4.6	10.0	13.2	12.3	7.7	3.9	1.0	0.2
	50 cm	0.8	0.8	0.7	2.1	6.7	10.6	14.5	14.1	10.8	7.0	2.8	1.4
	100 cm	2.4	2.1	1.8	2.7	6.2	9.1	12.1	13.7	11.7	8.9	5.0	3.3
HV	2 cm	-1.3	-1.0	-1.5	0.3	3.8	9.6	12.4	11.5	6.8	1.8	0.5	-0.9
	5 cm	-0.8	-0.7	-1.2	0.8	4.3	9.8	12.8	12.0	7.7	2.9	0.8	-0.4
	10 cm	-0.7	-0.5	-0.8	1.0	4.7	10.0	13.4	12.5	8.5	3.6	1.2	-0.2
	20 cm	0.0	-0.0	0.0	1.5	5.8	10.8	14.4	13.7	9.9	5.6	2.0	0.4
	50 cm	1.0	0.7	0.8	2.7	7.4	10.9	14.7	14.7	11.7	8.1	3.6	1.6
	100 cm	2.4	1.9	1.6	2.9	6.6	9.4	12.4	14.0	12.3	9.5	5.7	3.3

Tab. 4  
Mittlere Temperaturen, Differenzen S — H, SV — HV (1951/53)

△	Tiefe	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
S—H	2 cm	0.8	1.2	3.8	2.1	1.9	1.5	2.0	2.5	3.0	2.8	0.9	1.2
	5 cm	0.6	1.1	3.2	2.0	1.3	0.6	0.9	1.8	2.5	2.5	0.7	1.0
	10 cm	0.8	1.2	3.1	1.8	1.2	0.7	0.9	1.4	2.6	2.7	1.9	1.2
	20 cm	0.8	1.1	2.8	1.6	1.1	0.5	0.7	1.4	2.1	2.3	1.7	1.2
	50 cm	1.2	1.2	2.5	2.0	1.4	0.7	1.0	1.3	1.8	2.1	1.8	1.4
	100 cm	1.2	0.9	1.7	2.1	1.8	1.3	1.1	1.3	1.4	1.7	1.5	1.2
SV—HV	2 cm	0.9	1.3	2.5	1.4	1.3	0.7	0.8	1.5	2.1	2.4	1.6	1.6
	5 cm	0.8	1.0	2.4	1.3	1.0	0.4	0.7	1.2	2.0	2.2	1.7	1.3
	10 cm	0.7	0.7	2.1	0.8	0.6	0.1	0.4	0.9	1.6	2.0	1.4	1.2
	20 cm	1.0	0.9	2.2	1.1	0.9	0.3	0.3	1.0	1.6	2.0	1.6	1.4
	50 cm	1.0	0.9	1.9	1.3	0.9	0.3	0.5	0.8	1.3	1.5	1.4	1.3
	100 cm	1.5	1.2	1.7	1.6	1.1	0.5	0.6	0.8	1.0	1.2	1.2	1.3

Tab. 5  
 Temperaturdifferenzen der einzelnen Tiefenstufen von H und HV.  
 Mittel 1951/53.  
 Negative Werte = Wärmezunahme, Positive Werte = Wärmeabnahme.

Messfeld	Differenz	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
H	2— 5 cm	-0.2	-0.2	0.0	+0.2	+0.3	+0.4	+0.4	+0.2	-0.1	-0.2	-0.2	-0.3
	5— 10 cm	-0.2	-0.0	+0.1	+0.2	+0.4	+0.6	+0.5	+0.2	-0.0	-0.0	-0.1	-0.3
	10— 20 cm	-0.5	-0.4	0.0	+0.6	+0.7	+0.7	+0.7	+0.3	-0.3	-0.4	-0.7	-0.5
	20— 50 cm	-1.0	-0.8	-0.4	+1.2	+1.5	+1.7	+1.8	+0.9	-0.4	-1.1	-1.6	-1.4
	50—100 cm	-1.7	-1.4	-1.8	+1.2	+2.0	+2.5	+2.7	+1.7	+0.2	-1.2	-2.1	-2.0
HV	2— 5 cm	-0.1	-0.1	+0.2	+0.2	+0.1	+0.2	+0.3	0.0	-0.1	-0.1	0.0	-0.3
	5— 10 cm	-0.1	-0.1	0.0	-0.1	0.0	+0.2	+0.1	-0.1	-0.3	-0.2	-0.3	-0.1
	10— 20 cm	-0.5	-0.4	-0.2	+0.4	+0.6	+0.6	+0.5	+0.3	-0.2	-0.4	-0.6	-0.6
	20— 50 cm	-1.0	-0.8	-0.4	+0.8	+1.0	+1.3	+1.5	+0.7	-0.4	-1.2	-1.5	-1.4
	50—100 cm	-1.4	-1.1	-0.5	+1.3	+1.7	+2.1	+2.2	+1.4	+0.1	-0.9	-1.8	-1.8

Tab. 6  
Temperaturdifferenzen der einzelnen Tiefenstufen (Mittel 1951/53)  
am Südhang.

Messfeld	Differenz	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
	2— 5 cm	0.0	-0.1	+0.6	+0.8	+0.9	+1.3	+1.5	+0.9	+0.4	+0.1	0.0	-0.1
	5— 10 cm	-0.4	-0.1	+0.2	+0.4	+0.5	+0.5	+0.5	+0.2	-0.1	-0.2	-1.3	-0.5
S	10— 20 cm	-0.5	-0.3	+0.3	+0.8	+0.8	+0.9	+0.9	+0.7	+0.2	-0.0	-0.5	-0.5
	20— 50 cm	-1.4	-0.9	-0.1	+0.8	+1.2	+1.5	+1.7	+1.0	-0.1	-0.9	-1.7	-1.6
	50—100 cm	-1.7	-1.1	-0.0	+1.1	+1.6	+1.9	+2.4	+1.7	+0.6	-0.8	-1.8	-1.8

Tab. 7  
Differenzen der mittleren Bodentemperaturen T<sub>m</sub> (1951/53) S—H  
für den Termin II.

Differenz	Tiefe	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
II	2 cm	1.1	2.3	8.1	4.7	4.0	3.8	5.6	6.1	6.2	5.7	3.7	2.6
	5 cm	0.8	1.9	5.1	2.4	1.9	1.4	1.7	3.1	4.0	4.0	3.3	1.7
	10 cm	0.8	1.6	3.8	1.7	0.7	0.8	1.1	2.3	3.4	3.4	2.2	1.2
S—H	20 cm	0.9	1.2	2.6	1.6	1.0	0.4	0.7	1.5	2.2	2.3	1.7	1.2
	50 cm	1.3	1.2	2.5	2.0	1.3	0.8	0.8	1.3	1.8	2.1	1.8	1.4
	100 cm	1.2	0.9	1.7	2.1	1.8	1.3	1.1	1.3	1.4	1.7	1.5	1.2

Die Betrachtung der Bodentemperaturverhältnisse am Südhang wäre unvollständig, würde man nicht auch die mittleren Maxima und Minima der Temperaturen mit einbeziehen. Die Kurvendarstellungen der Abb. 1 vermitteln einen

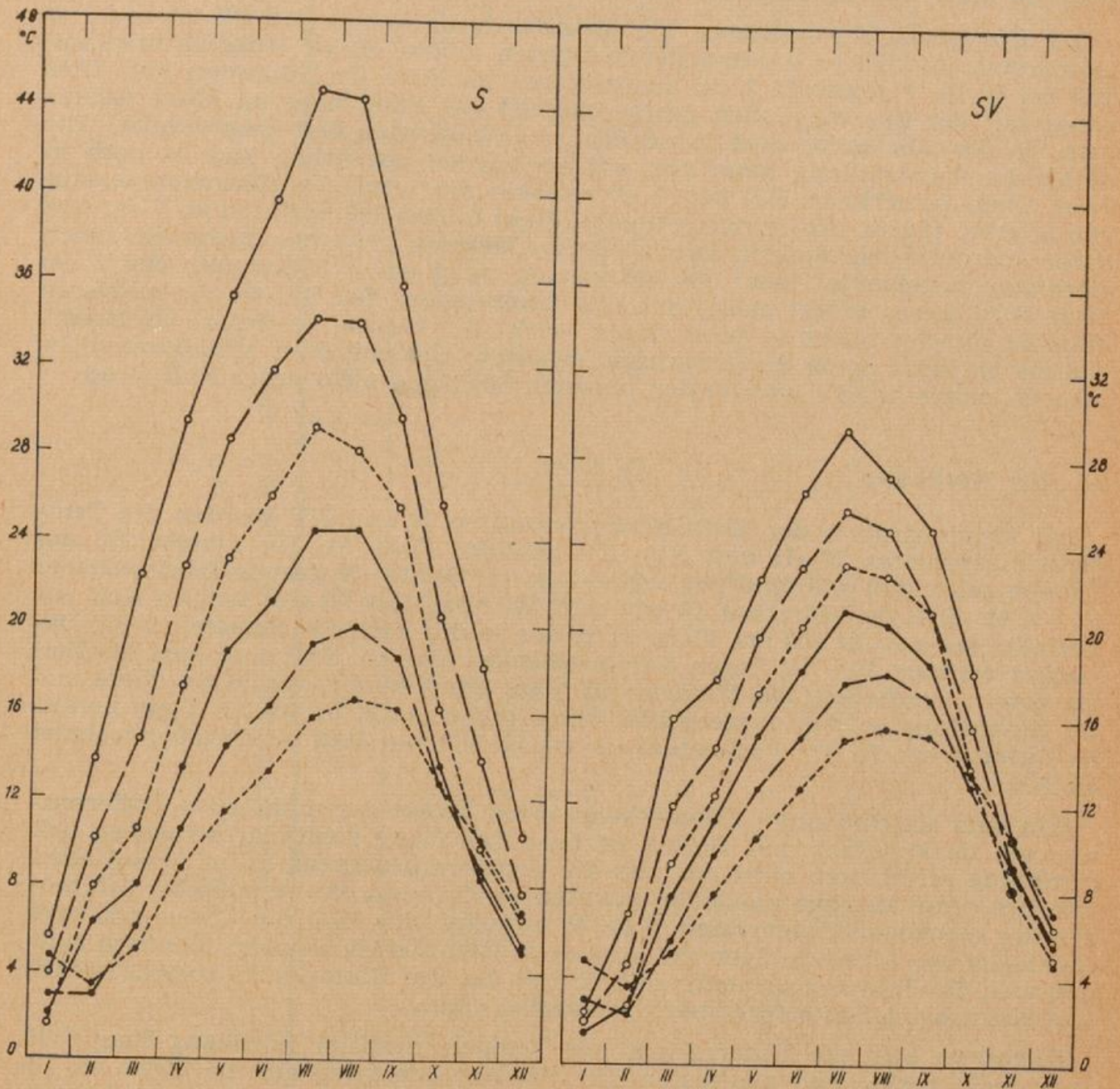


Abb. 1

Mittlere monatliche Maxima der Bodentemperatur für alle Tiefen am Südhang ohne (S) und mit Vegetation (SV). Mittel 1951 — 1953.

- — ○ 2 cm Tiefe
- - - ○ 5 cm Tiefe
- ····· ○ 10 cm Tiefe
- — ● 20 cm Tiefe
- - - ● 50 cm Tiefe
- ····· ● 100 cm Tiefe

guten Überblick der mittleren Maxima bei S und SV. Besonders eindrucksvoll ist bei dieser Darstellung der Vegetationseinfluß, entspricht doch bei SV in 2 cm Tiefe der Höchstwert im Juli fast genau dem Juliwert von S in 10 cm Tiefe. Der Einfluß der Vegetation ist noch bis in 1 m Tiefe zu erkennen. Bemerkenswert ist bei SV der Knick des Kurvenzuges im April, der in 2 cm Tiefe stark ausgeprägt und noch bis in 10 cm Tiefe zu finden ist. Diese Diskontinuität ist nur bei SV zu finden und hängt offensichtlich damit zusammen, daß das

Wachstum des Grases im April schon so weit fortgeschritten ist, daß der jahreszeitliche Anstieg der mittleren Maxima gebremst wird. Auch bei den Kurven von S findet sich besonders in den tieferen Schichten eine Verwerfung und zwar im März und im Juni, auf welche noch eingegangen werden soll.

Der Kurvenzug der mittleren Tiefsttemperaturen von S und SV ist nicht so interessant, als daß er wiedergegeben werden müßte. Es sei lediglich erwähnt, daß bei S die Tiefenstufe 2 cm ausgerechnet im März ihr Minimum hat. Dies hängt mit der überwiegenden Schneelosigkeit des Südhanges im März zusammen, da die Märzsonne dort jeden Schnee in kürzester Zeit wegschmilzt. Die nächtliche Ausstrahlung kann sich auf den Boden auswirken und ist noch in 5 cm Tiefe bemerkbar. Bei den Kurvenzügen der mittleren Höchsttemperatur von S (Abb. 1) läßt sich übrigens dieser Effekt in den Tiefenstufen ab 5 cm und tiefer ebenfalls nachweisen. Die mittleren Maxima erreichen nicht die ihnen eigentlich zustehende Höhe: der Kurvenzug weist einen Knick auf. Bei 2 cm Tiefe wird dieser Effekt natürlich völlig kompensiert. Bei SV, wo die mittleren Maxima ohnehin nicht so hoch liegen, wirkt die Grasnarbe derart schützend, daß sie im März keine Abschwächung erfahren. Die mittleren Minimumtemperaturen sinken bei SV auch in den obersten Schichten nicht unter Null Grad.

## 2.2. Der Nordhang

Zur Demonstration der Erdbodentemperaturen N und NV wurden die Temperaturdifferenzen N—H und NV—HV gebildet (Tab. 8). Die Durchsicht der Tabelle zeigt, daß während der Schneelage im Winter N grundsätzlich wärmer ist als H. Erst im März (bis 10 cm) und im April (bis 50 cm) kehren sich die Verhältnisse um. In 100 cm Tiefe ist H nur in der Zeit von September bis Dezember wärmer. Bei NV liegen die Verhältnisse ähnlich, doch sind dort die Zeiten etwas verschoben. Die Umkehr im März greift bereits bis 50 cm Tiefe und die Umstellung zu den winterlichen Verhältnissen setzt bis 20 cm Tiefe bereits im Oktober ein. In der Tiefenstufe 100 cm ist HV von Juni bis Oktober wärmer als NV.

Von dem am Südhang so bemerkenswerten Effekt der markanten Differenzmaxima im Frühjahr und Herbst ist beim Nordhang nichts zu bemerken. Die Strahlung reicht dort nicht aus, um die Temperaturumkehr so zu verschieben, daß sich diese Maxima ausbilden könnten. Bildet man die Temperaturdifferenzen der einzelnen Tiefenstufen (Tab. 9), so zeigt sich, daß die Zeiten positiver und negativer Abweichungen mit denen des Hauptfeldes ziemlich identisch sind, daß also die Temperaturumkehr zeitlich mit der des Hauptfeldes zusammenfällt und somit keine Besonderheiten zu erwarten sind.

Insgesamt sind die Unterschiede der Temperaturmittel Nordhang-Hauptfeld doch recht gering und machen in den obersten Schichten nur 1,5 Grad bis 1,6 Grad aus. Unter der Grasnarbe beträgt die größte Differenz sogar nur 1,2 Grad. Die Temperaturunterschiede der einzelnen Schichten sind ebenfalls gering und gewinnen erst ab 50 cm Tiefe an Bedeutung.

Sehr eindrucksvoll ist die Darstellung der mittleren Höchsttemperaturen von N und NV (Abb. 2). Wenn auch der Unterschied von N und NV nicht so groß ist wie der von S und SV, so ist er in den obersten Schichten mit ca. 8 Grad doch noch sehr auffällig. Bei NV liegt der Juliwert 2 cm Tiefe im Gegensatz zu SV sogar noch unter der Tiefenstufe von N 20 cm. Die am Südhang so auffällige „Einkerbung“ im Juni ist bei N in einigen Tiefenstufen gerade noch angedeutet, bei NV dagegen in allen Tiefenstufen erkennbar.

Die Betrachtung der Temperaturverhältnisse von Nord- und Südhang wäre unvollständig, wenn nicht noch die mittleren Temperaturdifferenzen Südhang—Nordhang näher untersucht würden. Besser als jede Beschreibung zeigen dies

Tab. 8  
Temperaturdifferenzen N—H und NV—HV

△	Tiefe	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
N—H	2 cm	0.8	0.6	0.2	-1.1	-1.4	-1.3	-1.6	-1.6	-0.7	-0.4	0.4	0.4
	5 cm	0.5	0.3	-0.1	-1.1	-1.2	-1.2	-1.4	-1.5	-0.8	-0.6	0.2	0.3
	10 cm	0.4	0.3	-0.2	-1.3	-1.1	-1.0	-1.1	-1.3	-0.8	-0.5	0.1	0.1
	20 cm	0.3	0.3	0.1	-0.9	-0.6	-0.7	-0.8	-1.1	-0.9	-0.4	-0.2	0.1
	50 cm	0.0	0.3	0.1	-0.4	-0.3	-0.1	-0.3	-0.7	-0.8	-0.5	-0.3	0.0
	100 cm	0.0	0.1	0.1	0.1	0.3	0.4	0.2	0.0	-0.3	-0.3	-0.4	-0.2
NV—HV	2 cm	0.4	0.2	-1.0	-0.9	-0.6	-0.8	-1.2	-1.0	-1.0	0.2	0.4	0.7
	5 cm	0.2	0.1	-0.7	-0.5	-0.5	-0.8	-0.9	-1.1	-1.1	0.1	0.4	0.4
	10 cm	0.0	0.3	-0.8	-0.8	-0.6	-0.8	-0.8	-0.9	-1.0	0.3	0.6	0.8
	20 cm	0.5	0.4	-0.8	-0.8	-0.5	-1.0	-0.9	-1.0	-1.2	0.0	0.6	0.7
	50 cm	0.3	0.3	-0.3	-0.6	-0.4	-0.9	-0.5	-0.6	-1.0	-0.3	0.1	0.2
	100 cm	0.3	0.5	0.2	0.2	0.4	-0.2	-0.4	-0.1	-0.9	-0.5	-0.3	0.1

Tab. 9  
 Temperaturdifferenzen der einzelnen Tiefenstufen von N und NV  
 N (Mittel 1951/53) NV (Mittel 1952/53)

Messfeld	Differenz	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
N	2— 5 cm	0.1	0.1	0.3	0.2	0.1	0.3	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	-0.2
	5— 10 cm	-0.1	0.0	0.2	0.4	0.3	0.9	0.2	0.0	0.0	-0.1	0.0	-0.1
	10— 20 cm	-0.4	-0.4	-0.3	0.2	0.2	0.4	0.2	0.1	-0.2	-0.5	-0.4	-0.5
	20— 50 cm	-0.9	-0.8	-0.4	0.7	1.2	1.1	1.3	0.5	-0.5	-1.0	-1.5	-1.3
	50—100 cm	-1.5	-2.0	-0.8	0.7	1.4	2.0	2.2	1.0	-0.3	-1.4	-2.0	-1.8
NV	2— 5 cm	0.2	0.0	-0.1	-0.2	0.0	0.2	0.0	0.1	0.0	0.0	-0.1	0.0
	5— 10 cm	-0.4	-0.3	-0.1	0.2	0.1	0.2	0.0	-0.3	-0.4	-0.4	-0.4	-0.5
	10— 20 cm	-0.5	-0.5	-0.4	0.4	0.5	0.8	0.6	0.4	0.0	-0.1	-0.6	-0.5
	20— 50 cm	-0.8	-0.7	-0.5	0.6	0.9	1.2	1.1	0.3	-0.6	-0.9	-1.0	-0.9
	50—100 cm	-1.4	-1.3	-1.0	0.5	1.1	1.4	2.1	0.9	0.0	-0.7	-1.4	-1.7

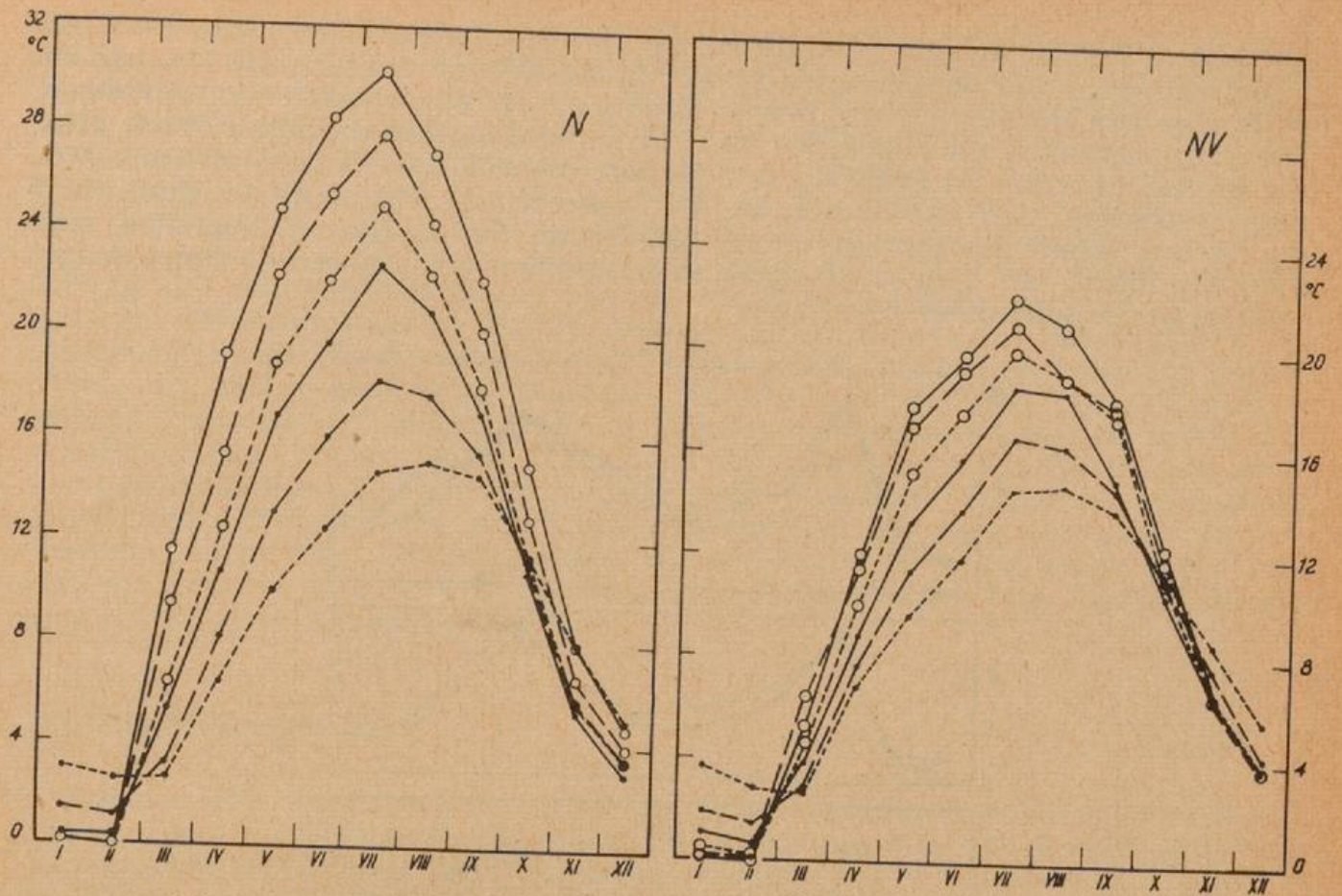


Abb. 2

Mittlere monatliche Maxima der Bodentemperatur für alle Tiefen am Nordhang ohne Vegetation (N), Zeitraum 1951 — 1953, und mit Vegetation (NV), Zeitraum 1952 — 1953. Kurvenzüge wie Abb. 1.

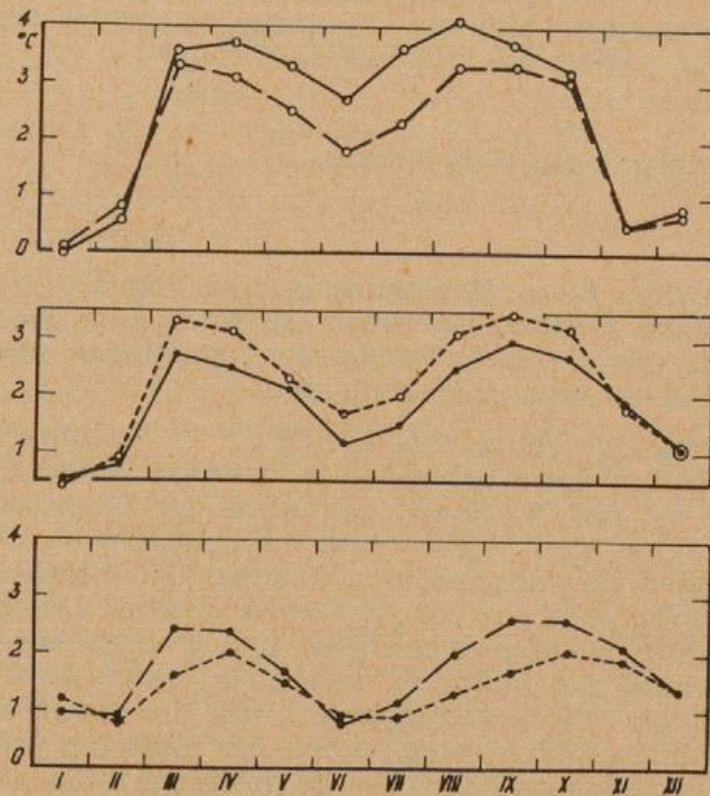


Abb. 3

Temperaturdifferenzen  $T_m$  (S — N) für alle Tiefen. Mittelwerte 1951 — 1953. Kurvenzüge wie Abb. 1.

die Abb. 3 und 4, welche den Jahresgang der Temperaturdifferenzen S—N für unbewachsenen und bewachsenen Boden darstellen und deutlich die Maxima im Frühjahr und Herbst, auf die bereits Kerner (4) hingewiesen hat, aufzeigen. Die Kurvenscharen sind für jedes Meßfeld außerordentlich charakteristisch. Hier die breiten Maxima im Frühjahr und Herbst, die sich jeweils über mehrere Monate erstrecken, und dazwischen das gut ausgebildete Minimum im Juni. Dort das spitze, scharf ausgeprägte März-Maximum, das langsame Abgleiten zum Juni-Minimum mit dem nachfolgenden langsamen Anstieg zum wieder scharf ausgeprägten September-Maximum.

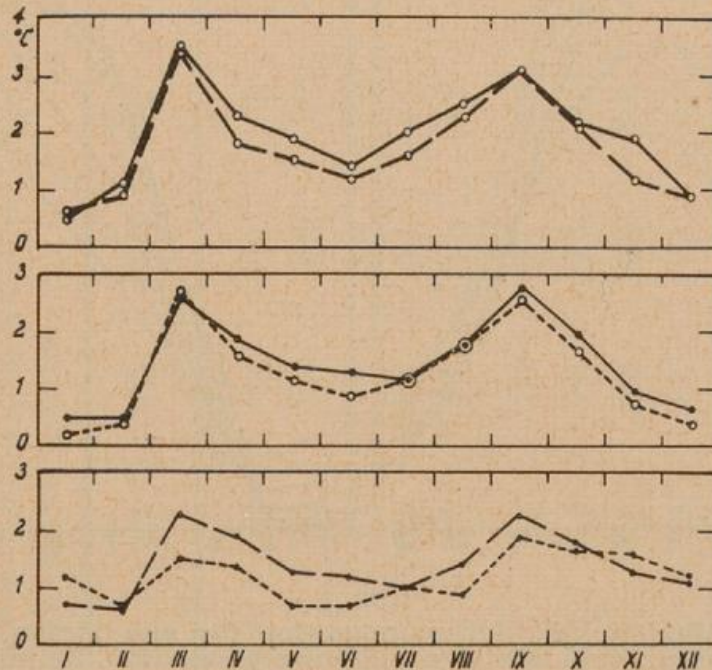


Abb. 4

Temperaturdifferenzen  $T_m$  (SV — NV) für alle Tiefen. SV-Mittel 1951 — 1953, NV-Mittel 1952 — 1953. Kurvenzüge wie Abb. 1.

### 3. Die Sonneneinstrahlung auf den Hängen

#### 3.1. Allgemeines

Wenn auch im Rahmen dieser Bearbeitung nicht vom Einfluß der meteorologischen Elemente auf die Bodentemperatur die Rede sein soll, so wäre es doch nicht vertretbar, das für die Bodentemperatur wichtigste meteorologische Element — die Strahlung — außer acht zu lassen.

Über die Besonnung der Hänge hat Geiger (1) ausführlich geschrieben, so daß diese Frage hier nur kurz behandelt zu werden braucht. Im Vergleich zur horizontalen Fläche ist der Nordhang bezüglich der Strahlung immer benachteiligt. Beim Südhang dagegen ergeben sich im Frühjahr und Herbst Strahlungsüberschüsse gegenüber der horizontalen Fläche. Die Strahlungsdifferenz zwischen Nord- und Südhang ist im Sommer am kleinsten. Das liegt einmal daran, daß zu dieser Zeit der Nordhang morgens und abends bereits oder noch beschienen wird, während der Südhang noch oder schon beschattet ist. Des weiteren besteht auch noch ein Zusammenhang mit der Bewölkung. Zur Mittagszeit herrscht meist starke Bewölkung, so daß der Südhang während der Zeit des Sonnenhöchststandes nichts profitiert, sondern beide Hänge eine ziemlich gleiche Dosis diffuser Strahlung erhalten. Und gerade die Tatsache, daß dieser Umstand im Sommer sehr häufig eintritt, vermindert den Strahlungsunterschied zwischen Nord- und Südhang erheblich. Während der strahlungsarmen Jahreszeit kommt

eine zusätzliche Strahlungsminderung für den Nordhang dadurch zustande, daß infolge des sehr flachen Strahlungseinfalls auch weit entfernte Hindernisse eine Strahlungsabdeckung verursachen. Am Meßfeld Nordhang war diese Abschattung durch Gebäude während des Winters für einige Monate aktuell. Eine derartige Abdeckung des Strahlungshorizontes als Mängel in der Versuchsanordnung zu betrachten, wird den Verhältnissen in der Praxis nicht gerecht. Je mehr sich die Schaffung von Windschutzhecken an landwirtschaftlich genutzten Hängen durchsetzt, um so mehr ist mit solchen Abdeckungen zu rechnen. Ist der Betrag der Sonneneinstrahlung für die horizontale Fläche bekannt, so lassen sich die Strahlungsanteile für die verschiedenen Hanglagen berechnen. Diese Rechnung erfaßt jedoch nicht die diffuse Strahlung und berücksichtigt in keiner Weise die örtlich bedingten Einflüsse. Um eine Vorstellung der Strahlungsanteile der nord- und südexponierten Meßfelder zu erhalten, war es notwendig, die Strahlung auf den beiden Hanglagen zu registrieren. Am Nord- und Südhang wurden deshalb je ein Aktinograph nach Robitzsch hangparallel aufgestellt. Durch die Schrägstellung der Strahlungsschreiber ergaben sich zwar Fehlerquellen, welche nach Untersuchungen von Grunow (5) jedoch so gering waren, daß die Registrierungen im Hinblick auf die Meßgenauigkeit des Gerätes durchaus brauchbare Ergebnisse lieferten.

### 3.2. Die Meßergebnisse

Aus den Registrierungen der Jahre 1951/53 wurden die Monatssummen berechnet und aus diesen die Monatsmittel der Strahlung über die 3 Jahre gebildet. Ein anschauliches Bild über den Strahlungsempfang von Nord- und Südhang im Mittel der Jahre 1951/53 vermittelt die Abb. 5. Sie enthält die mittleren monatlichen Tages- sowie Halbtagssummen (Vormittag und Nachmittag) der Strahlung. Nord- und Südhang unterscheiden sich durch ganz charakteristische Strahlungskurven. Während der Nordhang in der Tagessumme ein stetiges Ansteigen bis zum Juli-Maximum aufweist, unterscheiden sich im Kurvenzug der Südhangstrahlung Mai und Juni nur ganz wenig voneinander. Der Kurvenzug erhält eine deutliche Einkerbung. Die gleiche Verwerfung zeigen auch die Strahlungskurven von Vor- und Nachmittag. Die Halbtagskurvenzüge des Nordhangs zeigen dagegen nichts davon. Während die Vormittagskurve im Juni ihr Maximum hat und zum Teil beträchtlich unter den Beträgen des Nachmittags bleibt, ähnelt die Nachmittagskurve mit ihrem Maximum im Juli in hohem Maße der Tageskurve des Nordhangs.

Mit dieser Strahlungsminderung im Juni ist auch der Knick im Kurvenzug  $T_{x_m}$  Südhang in allen Tiefenstufen ab 10 cm erklärt. Dieser Einfluß wirkt sich sogar noch bis 100 cm Tiefe aus. Bei SV dagegen ist nichts davon zu bemerken. SV verhält sich dabei ähnlich wie N, wo lediglich eine „Begradigung“ der Kurve den Effekt andeutet. Das bedeutet, daß bei N das gesamte Temperaturniveau zu niedrig ist, um darauf anzusprechen, und daß bei SV die Dämpfung durch die Vegetation die gleiche Wirkung auslöst. Bei NV (Abb. 2) lassen sich im Kurvenzug im Juni in den Tiefen 50 und 100 cm schwache Einbuchtungen erkennen. Mit einer Strahlungsminderung läßt sich dieser Effekt jedoch nicht erklären, denn der Strahlungsgenuß des Nordhangs liegt ohnehin um einiges unter dem des Südhangs. Die Ursache dieser Verwerfung scheint vielmehr unmittelbar mit der Ursache der verminderten Strahlung verknüpft zu sein: dem Sommermonsun. Er bringt nicht nur starke Bewölkung, welche die Strahlung vermindert, sondern vor allem auch Regen, und zwar kühlen Regen. Dieser Regen teilt seine Temperatur den tieferen Schichten mit. Bei N und in den oberen Schichten von NV ist der Einfluß der Strahlung doch noch so groß, daß dadurch die Temperaturherabsetzung durch den Niederschlag kompensiert wird. Bei NV reicht dieser Einfluß jedoch nicht mehr bis unter 20 cm Tiefe, so daß die mittleren

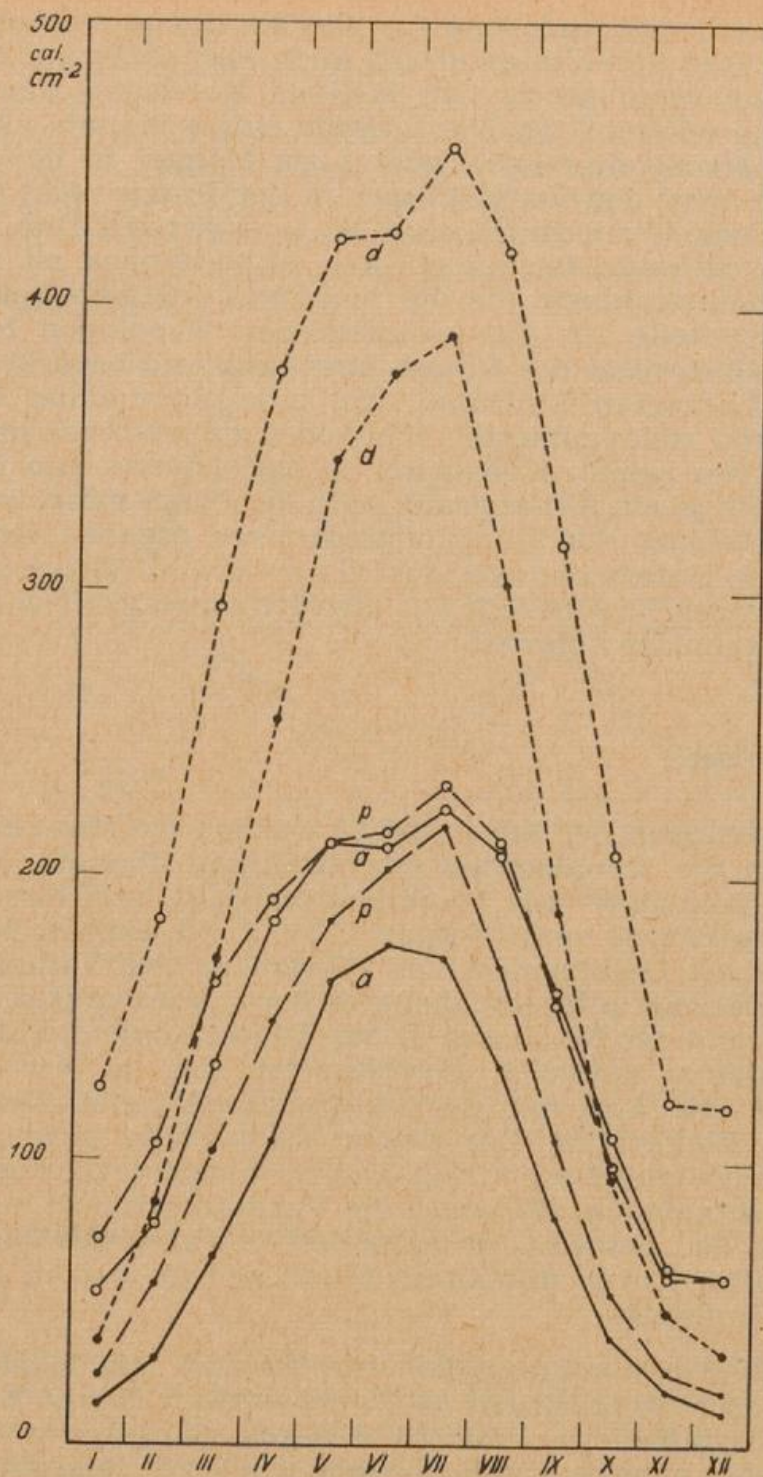


Abb. 5

Mittlere monatliche Tages- und Halbtagesummen der Strahlung an Nord- und Südhang. Zeitraum 1951 — 1953.

- |          |                      |
|----------|----------------------|
| N        | S                    |
| •—• a    | ○—○ a vormittags     |
| •- - - p | ○- - - p nachmittags |
| •...• d  | ○...○ d ganztägig    |

Höchsttemperaturen in diesen Tiefen eine, wenn auch geringe, Erniedrigung erfahren.

Die mittleren Höchsttemperaturen des Südhanges sind sehr empfindlich gegen äußere „Störungen“ und stellen somit eine Feinanzeige für jegliche Abweichungen vom normalen Gang dar. Diese strahlungsbedingte „Juni-Depression“ findet sich deshalb auch nur in dem Kurvenzug der mittleren Höchsttemperaturen des

Südhanges. Die Kurven der Tagesmitteltemperaturen des Südhanges dagegen zeigen durchaus normalen Verlauf. Da hier, im Gegensatz zu den Höchsttemperaturen, außer der Einstrahlung noch andere Faktoren mitspielen, war dies auch nicht zu erwarten.

Von großem Interesse ist nun noch die Frage der Differenzen des Strahlungsanteils von S und N. In Abb. 6 sind die Differenzen (S—N) aufgetragen. Der Kurvenzug zeigt Maxima im Frühjahr und Herbst und ein sehr gut ausgeprägtes Minimum im Juni. Vergleichen wir den Kurvenzug der Strahlungsdifferenzen mit denen der Temperaturdifferenzen (S—N) und (SV—NV) der Abb. 3 und 4, so haben wir in beiden Fällen das gleiche Bild. Die große Ähnlichkeit der Kurvenzüge besagt, daß der Verlauf der Differenzen der Erdbodentemperaturen (S—N) weitgehend strahlungsabhängig ist.

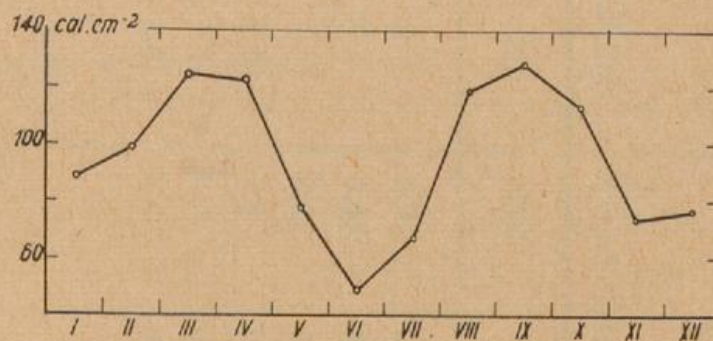


Abb. 6

Mittlere monatliche Strahlungsdifferenz Südhang — Nordhang. Mittel 1951 — 1953.

#### 4. Die Ausstrahlung und ihr Einfluß auf die Bodentemperatur an den Hängen

Das Gegenstück der Einstrahlung stellt die nächtliche Ausstrahlung dar. Durch sie werden die oberen Bodenschichten abgekühlt und die Bodentemperaturen des Termins I geprägt. Als Maß für die nächtliche Ausstrahlung können die Minimumtemperaturen am Erdboden herangezogen werden. Während bei ruhigem Wetter die bodennahe Luftschicht über der horizontalen Fläche liegen bleibt und sich immer weiter abkühlt, fließt sie bei den Hängen ständig ab. Man kann jedoch nicht erwarten, daß die Minima auf den Hängen deswegen höher liegen als auf der horizontalen Fläche. Da die Ausgangsbedingungen ganz verschieden sind, ist es im allgemeinen so, daß bei Schneelosigkeit der Südhang immer höhere Werte haben wird als der Nordhang, der Nordhang dagegen nicht immer höhere Werte zeigt als die horizontale Fläche (Tab. 10). Wegen der häufigen Schneelosigkeit des Südhanges im Winter werden aber gerade dort in den obersten Schichten die tiefsten Bodentemperaturen gemessen. Die Temperaturminima am Erdboden liegen bei den Feldern mit Vegetation grundsätzlich niedriger als bei den Feldern ohne Vegetation. Das gilt natürlich nur für Zeiten ohne Schneedecke. Auf die Bodentemperaturen haben diese niedrigeren Temperaturminima bei den Feldern mit Vegetation jedoch keinen Einfluß. Die bodennächste Luftschicht kühlt sich zwar stärker ab, hat jedoch infolge des Bewuchses keine Möglichkeit, die Abkühlung auf den Boden selbst zu übertragen. Es sei dafür ein Beispiel genannt: der 15. März 1952, der am Meßfeld S mit  $-6.2$  Grad in 2 cm Tiefe und mit  $-1.1$  Grad in 5 cm Tiefe die absoluten Tiefsttemperaturen des ganzen Zeitraums brachte (Tab. 11). Von größter Wichtigkeit war dabei die Lage der Minimumthermometer, ob unter, auf bzw. über Schneedecke oder über Boden. Gab es bei S die abnormen tiefen Bodentemperaturen, so wurden bei SV in 2 cm Tiefe 0.0 Grad und in 5 cm Tiefe  $+0.5$  Grad gemessen, obwohl dort das Erdbodenminimum um 0.4 Grad tiefer lag als bei S. Dieses Ergebnis ist außerordentlich bezeichnend, einmal für die rasche Abkühlung der oberen Boden-

Tab. 10  
 Minimumtemperaturen am Erdboden, Mittel Zeitraum 1951/53.

Mef- feld	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
H	-7.0	-7.4	-3.6	2.0	5.4	8.8	11.2	10.6	7.2	3.6	-1.1	-3.7
N	-7.0	-7.1	-3.9	1.3	4.5	7.5	10.4	10.0	7.0	3.2	-1.8	-5.0
S	-5.4	-5.0	-1.7	2.9	5.6	8.8	11.5	10.3	7.7	4.1	-0.5	-3.5
HV	-6.7	-6.4	-2.9	1.6	3.8	7.5	9.5	8.7	5.8	2.8	-1.6	-3.4
NV	-8.3	-7.2	-3.6	1.3	3.2	6.6	8.9	7.6	4.4	2.9	-2.4	-5.0
SV	-5.7	-5.4	-2.5	1.6	4.0	7.8	10.0	9.0	6.3	3.0	-1.2	-3.7

schicht ohne Vegetation, und zum anderen für den beträchtlichen Schutz, den die Vegetation bietet. Am Nordhang, wo zu dieser Zeit noch eine erhebliche Schneedecke vorhanden war, lagen die Bodentemperaturen nur wenig unter 0 Grad. Bei H lag das Minimumthermometer auch auf der Schneedecke, bei HV dagegen war die Schneedecke so gering, daß das Minimumthermometer bereits auf der Gabel über der Schneedecke lag. Daß die Bodentemperatur in 2 cm Tiefe doch bis  $-2.2$  Grad absank, hängt offenbar damit zusammen, daß die anhaltend hohe Schneedecke während des Winters (über  $1/2$  m) die Vegetationsschicht derart zusammengedrückt hat, daß diese ihre Isolationsfähigkeit weitgehend eingebüßt hat. Die am 15. März vorhandene dünne Schneedecke trug bei HV zwar noch zur Ausstrahlung bei, bot aber ebenfalls keinen Schutz.

Tab. 11

Zusammenhang Minimumtemperaturen und Erdbodentemperaturen zum Termin I am Morgen des 15. März 1952.

Min. Therm.	N auf ☒	NV auf *	S üb. Boden	SV üb. Boden	H auf ☒	HV über *
E. Min.-temp.	-13.3	-13.7	-9.5	-9.9	-13.4	-10.4
E.-temp. I						
2 cm	0.0	-0.3	-6.2	0.0	-0.9	-2.2
5 cm	-0.2	-0.3	-1.1	0.5	-0.8	-0.6
10 cm	-0.3	-0.1	0.6	0.8	-0.3	-0.3

Während die Einstrahlung die Gegensätze zwischen Nord- und Südhang bis ins Extreme steigern kann (Tab. 17), wirkt die nächtliche Ausstrahlung dämpfend und ausgleichend und bringt die Gegensätzlichkeit des Tages nahezu zum Verschwinden. Die Bodentemperaturen der oberen Schichten weisen deshalb bei beiden Hängen am frühen Morgen die geringsten Unterschiede auf. In Tab. 12 sind die Differenzen der Bodentemperaturen (S—N) Termin I im Mittel der Jahre 1951/53 für die Tiefenstufen 2 und 5 cm eingetragen. Aus der Tabelle ist ersichtlich, daß in 2 cm Tiefe die größte Differenz nur 2.3 Grad, in 5 cm Tiefe nur 2.0 Grad ausmacht. Im übrigen zeigen die Werte der absoluten Minima der Tab. 17 ebenfalls die große Annäherung der Bodentemperaturen infolge der nächtlichen Ausstrahlung.

Tab. 12

Temperaturdifferenzen (S—N) der Tiefenstufen 2 und 5 cm, Mittel der Jahre 1951/53, Termin I.

Differenz	Tiefe	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
S—N	5 cm	-0.3	0.0	0.7	2.2	2.3	2.2	2.3	2.1	1.9	1.2	0.3	-0.2
S—N	2 cm	-0.1	0.2	1.6	2.0	1.8	1.2	1.3	1.8	1.9	1.6	0.6	0.3

## 5. Der Wärmefluß bei verschiedenen Expositionen

Zu den äußeren meteorologischen Faktoren, welche den obersten Bodenschichten ihr Temperaturegeprägung geben, kommt noch ein weiterer Faktor hinzu, den man als inneren Faktor bezeichnen könnte, da er im Boden selbst wirksam ist. Er ist es, welcher die in den obersten Bodenschichten eingeleiteten Vorgänge der Temperaturänderung zu den tieferen Schichten weiterleitet: die Wärmeleitfähigkeit. Diese wiederum ist von einer Reihe von Faktoren abhängig, die den Boden selbst betreffen: Bodenart, Bodengefüge, Porosität und vor allem die Bodenfeuchte. Diese Faktoren wiederum sind zum Teil expositionsbedingt, so daß selbst unter der Voraussetzung völlig gleicher Böden die Wärmeleitfähigkeit trotzdem verschieden ist. So wird z. B. ein Südhang immer trockener sein als ein Nordhang. Die Exposition wirkt sich bereits bei den nächtlichen Kondensaten aus, welche für die Befeuchtung der obersten Bodenschichten von Bedeutung sind. Reif und Tau werden am Südhang rasch aufgetrocknet und kommen somit im Gegensatz zum Nordhang für die Befeuchtung der obersten Bodenschichten kaum in Betracht. In welchem Maße die Wärmeleitfähigkeit von der Bodenfeuchte abhängig ist und welchen erheblichen Schwankungen sie in den verschiedenen Schichten unterworfen ist, hat Bracht (6) ausführlich behandelt. Es erscheint deshalb angebracht, den Wärmefluß an den verschiedenen Expositionen etwas näher zu untersuchen. Die gleichzeitige Betrachtung der Bodentemperaturen in den verschiedenen Tiefen während einer Wärmeperiode oder während einer Periode dauernden Temperaturabfalls vermittelt ein anschauliches Bild der Temperaturänderung an den verschieden exponierten Hängen.

### 5.1. Schönwetterperiode

Die Tautochronen des Temperaturverlaufs an den verschiedenen Meßfeldern während einer Schönwetterperiode vom 27. 6. bis 2. 7. 1952 sind in den Abb. 7 und 8 dargestellt. Während H und S sich durchaus gleichartig verhalten (nur daß S extremer ist), zeigt N in der obersten Schicht ganz andere Verhältnisse. Die nächtliche Abkühlung der obersten Schicht wird im Tagesmittel nicht durch einen hohen Tageswert kompensiert, so daß die Tiefenstufe 5 cm teilweise sogar höhere Werte aufweist. Sehr eindrucksvoll demonstrieren die Tautochronen den

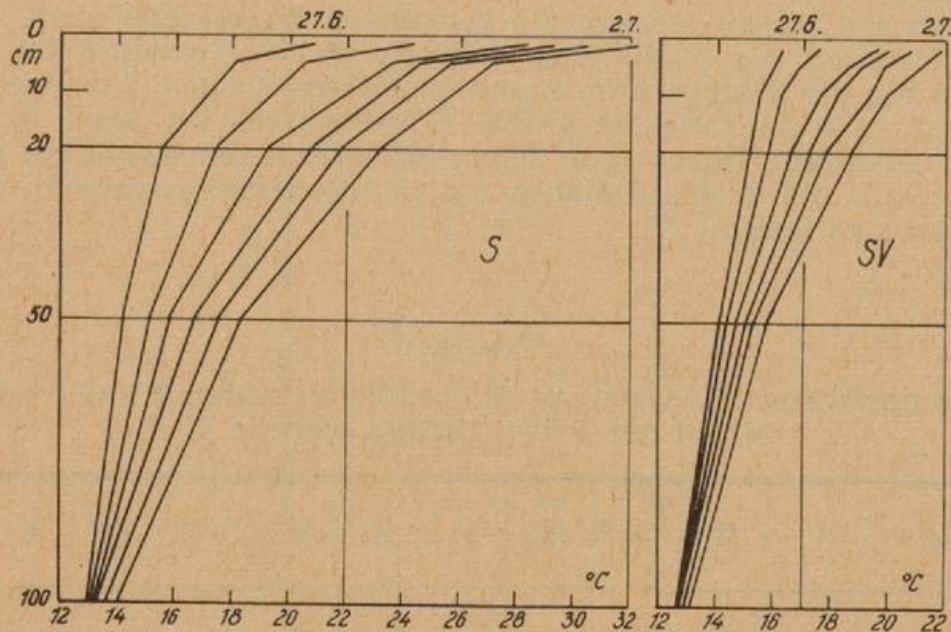


Abb. 7

Tautochronen des Temperaturverlaufs auf den Südhang-Meßfeldern S und SV während einer Schönwetterperiode vom 27. 6. bis 2. 7. 1952.

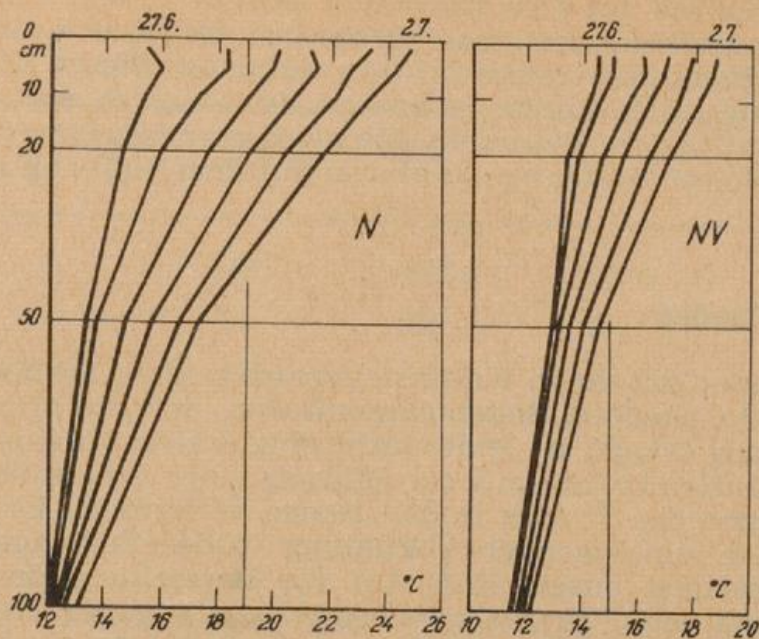


Abb. 8

Tautochronen des Temperaturverlaufs auf den Nordhang-Meßfeldern während einer Schönwetterperiode vom 27. 6. bis 2. 7. 1952.

Einfluß der Vegetation. Infolge des längst nicht so großen Temperaturanstieges sind die Tautochronen eng gebündelt. Aber auch bei NV zeigt sich, wenn auch abgeschwächt, der gleiche Effekt wie bei N. Die Temperaturmittel der Tiefenstufen 2 und 5 cm sind praktisch gleich. Die mittlere Temperaturzunahme pro Tag in den einzelnen Tiefenstufen geht aus Tab. 13 hervor. Aus dem Gesamtbetrag der Erwärmung in 2 cm Tiefe (=100%) lassen sich die prozentualen Anteile der Erwärmung der übrigen Tiefenstufen ermitteln (Tab. 14).

Tab. 13

Mittlere Temperaturzunahme in Grad pro Tag während einer Wärmeperiode. 1952  
27. Juni bis 2. Juli

Erwärmung	Meßfeld	Tiefe = 2 cm	5 cm	10 cm	20 cm	50 cm	100 cm
	H	1.83	1.74	1.58	1.33	0.70	0.15
	S	1.88	1.63	1.43	1.27	0.72	0.18
	N	1.55	1.45	1.37	1.18	0.68	0.17
	HV	0.98	0.93	0.87	0.72	0.27	0.07
	SV	0.95	0.87	0.77	0.55	0.27	0.05
	NV	0.72	0.70	0.67	0.58	0.27	0.10

Tab. 14

Prozentualer Anteil der Erwärmung der einzelnen Tiefenstufen  
(Tiefenstufe 2 cm = 100%)

Meßfeld	Tiefe = 5 cm	10 cm	20 cm	50 cm	100 cm
H	95%	86%	75%	38%	8%
S	87	76	67	38	10
N	94	88	76	44	11
HV	95	88	73	27	7
SV	91	81	58	28	5
NV	98	93	81	37	14

Wie man sieht, erhalten auf dem Hauptfeld und im besonderen aber auf dem Nordhang die tieferen Schichten einen wesentlich höheren Anteil der Erwärmung der obersten Bodenschicht als auf dem Südhang. Dieses Ergebnis, das bei NV besonders deutlich zum Ausdruck kommt, ist lediglich auf die höhere Bodenfeuchte und damit bessere Wärmeleitfähigkeit zurückzuführen und steht mit der Tatsache der höheren Bodentemperaturen auf dem Südhang nicht in Widerspruch.

## 5.2. Abkühlung im Boden

Der ideale Fall eines extremen Kaltlufteinbruches ohne Schneedecke mit von Tag zu Tag mehr absinkenden Bodentemperaturen, der auf allen Hängen gleichermaßen Abkühlung bringt, ist leider nicht eingetreten. In den meisten Fällen sind derartige Kaltlufteinbrüche mit der Bildung einer Schneedecke verbunden, welche das Eindringen des Frostes in den Boden verhindert. Es wurde deshalb eine 8-tägige Periode zunehmender Abkühlung in der Zeit vom 8. bis 15. November 1951 als Beispiel ausgewählt. Auf die Darstellung der Tautochronen wurde verzichtet und lediglich die mittlere Abkühlung der einzelnen Tiefenstufen (Abkühlung in 2 cm Tiefe = 100%) tabellarisch erfaßt.

Tab. 15  
Mittlere Abkühlung in %/Tag an den verschiedenen Meßfeldern und Tiefenstufen in der Zeit vom 8. bis 15. November 1951.

Meßfeld	Tiefe = 2 cm	5 cm	10 cm	20 cm	50 cm	100 cm
H	-0.70	-0.66	-0.56	-0.36	-0.06	0.00
S	-0.93	-0.84	-0.72	-0.50	-0.18	-0.01
N	-0.57	-0.51	-0.46	-0.28	-0.04	+0.02
HV	-0.50	-0.45	-0.40	-0.26	-0.05	0.00
SV	-0.57	-0.55	-0.48	-0.30	-0.11	-0.02
NV	-0.31	-0.33	-0.19	-0.09	-0.01	-0.01

Wie man sieht, ist die Abkühlung am Südhang am größten und am Nordhang am kleinsten. Dies ist durchaus verständlich, wenn man die Gegensätze des Südhangklimas von Tag und Nacht betrachtet. Tagsüber der große Gegensatz zum Nordhang und des Nachts weitgehende Annäherung an das Nordhangklima, da die Ausstrahlung an beiden Hängen gleichermaßen wirksam ist. Während der Betrag der mittleren Abkühlung pro Tag mit zunehmender Tiefe immer geringer wird und in 100 cm Tiefe nahe bei Null liegt oder auch Null erreicht, kehren sich die Verhältnisse in dieser Tiefe am Nordhang sogar um: am Ende des Zeitraums ist die Tiefenstufe 100 cm wärmer als am Anfang. Bei den Meßfeldern mit Vegetation liegen die Verhältnisse ähnlich, nur daß die Beträge um 2 bis 3 Zehntel niedriger liegen. Der prozentuale Anteil der aus 2 cm Tiefe auf die tieferen Schichten sich übertragenden Abkühlung ist aus Tab. 16 ersichtlich.

Während bei den Feldern ohne Vegetation ziemlich ausgeglichene Verhältnisse herrschen (mit Ausnahme S, 50 cm), weicht bei den mit Vegetation bestandenen Feldern der Nordhang, abgesehen von der obersten Schicht, ganz erheblich ab. In den Tiefenstufen 10 bis 50 cm liegen die Werte um 14 bis 23% unter denen von SV. Das bedeutet, daß die Abkühlung bei NV weit weniger rasch nach unten

Tab. 16

Prozentuale Anteile der auf die tieferen Schichten sich übertragenden Abkühlung vom 8. bis 15. November 1951.

Meßfeld	Tiefe = 5 cm	10 cm	20 cm	50 cm	100 cm
H	95%	80%	52%	9%	0%
S	91	78	54	19	1
N	89	80	48	7	—
HV	90	80	53	10	0
SV	96	83	52	20	4
NV	100	60	28	4	4

fortschreitet als an den übrigen Hängen. Am Meßfeld N ist die gleiche Erscheinung bereits angedeutet, wenn auch nur mit geringen Beträgen. Bei NV kommt zum Schutz durch die Vegetation offenbar noch ein Wärmenachschub von unten hinzu, der sich wegen der besseren Wärmeleitfähigkeit nur am Nordhang auswirkt.

Zur Demonstration der extremsten Unterschiede der einzelnen Meßfelder seien schließlich noch die im Zeitraum 1951/53 gemessenen, absoluten Höchst- und Tiefsttemperaturen aufgeführt (Tab. 17).

Tab. 17  
Die im Zeitraum 1951/53 gemessenen absoluten Höchst- und Tiefsttemperaturen

Tiefe	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
H												
T <sub>x</sub>												
2 cm	0.3	0.0	18.5	22.6	32.6	33.7	36.7	34.9	29.1	17.1	10.1	6.8
5 cm	0.2	0.1	14.2	19.4	28.0	31.4	34.1	32.1	25.0	15.3	9.7	6.4
10 cm	0.1	0.2	11.9	15.7	24.4	27.0	29.2	27.9	22.4	13.7	8.6	5.4
20 cm	0.4	0.4	8.6	13.1	20.6	22.5	25.4	24.8	20.1	12.5	7.5	4.6
50 cm	1.7	1.1	5.4	9.5	15.2	16.3	20.2	20.0	17.0	12.0	7.4	3.5
100 cm	3.6	2.6	2.8	6.8	10.7	12.2	15.2	16.0	14.7	12.2	8.8	5.9
T <sub>n</sub>												
2 cm	-3.5	-2.1	-1.8	-0.4	-0.3	4.5	9.7	8.8	1.0	-0.8	-1.6	-2.4
5 cm	-2.9	-2.0	-1.8	0.3	0.5	5.2	10.6	9.2	2.1	0.2	-0.6	-1.8
10 cm	-1.9	-1.4	-1.2	0.1	1.3	5.5	10.9	9.9	3.2	1.0	-0.2	-0.7
20 cm	-0.7	-0.4	-0.1	0.4	3.2	7.5	12.4	11.8	6.2	3.0	0.6	0.0
50 cm	0.7	0.6	0.6	1.0	5.5	9.2	13.5	13.6	8.8	5.9	2.1	1.1
100 cm	2.3	2.0	1.8	1.8	5.4	9.2	11.7	13.5	10.6	8.0	4.5	3.2

Tab. 17 (Forts.)

Tiefe	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
	S											
T <sub>x</sub>												
2 cm	8.6	22.9	30.1	30.0	37.5	42.5	50.0	49.4	41.1	28.4	22.2	15.0
5 cm	5.6	14.8	19.2	23.7	31.4	32.5	35.7	36.8	33.0	23.5	17.2	10.2
10 cm	3.8	13.5	13.6	18.5	25.8	27.4	31.1	31.1	27.8	19.3	13.0	7.8
20 cm	3.1	13.0	11.2	13.8	21.7	22.6	26.4	26.0	22.9	16.0	11.7	5.6
50 cm	4.2	3.2	8.7	10.9	16.4	17.0	21.3	21.5	19.1	14.3	10.9	5.5
100 cm	5.7	3.9	6.8	9.8	12.7	13.3	16.6	17.3	16.5	14.1	10.9	7.8
T <sub>n</sub>												
2 cm	-3.3	-2.1	-6.2	-2.2	1.1	4.8	10.3	9.1	2.2	-1.3	-3.8	-4.7
5 cm	-2.0	-0.7	-1.1	-0.3	2.0	5.3	9.8	9.8	3.1	0.9	-0.3	-2.4
10 cm	-0.5	0.1	0.2	0.9	3.1	6.3	10.7	11.2	5.2	2.6	0.6	-0.5
20 cm	0.1	0.4	0.8	1.6	4.3	8.3	12.7	12.2	7.8	4.4	1.4	0.3
50 cm	1.7	1.5	1.7	2.6	7.0	10.0	14.2	14.8	10.3	7.3	3.2	2.1
100 cm	3.2	2.3	2.7	3.5	7.3	10.3	12.8	14.2	11.8	9.4	4.8	4.0

Tab. 17 (Forts.)

Tiefe	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
	N											
T <sub>x</sub>												
2 cm	0.4	0.5	13.8	20.0	26.1	29.2	33.2	29.0	23.9	16.7	9.5	7.2
5 cm	0.3	0.4	10.8	16.7	24.0	26.5	30.5	27.3	21.5	14.4	8.3	6.4
10 cm	0.5	0.6	7.4	13.5	21.0	21.7	27.2	23.7	19.4	12.3	7.4	5.5
20 cm	0.6	0.7	6.7	12.1	19.8	21.5	25.6	22.3	18.1	12.2	6.7	5.0
50 cm	1.6	1.5	4.4	9.0	14.9	17.3	20.2	18.6	15.9	11.8	6.6	4.3
100 cm	3.3	2.7	3.2	7.1	11.0	12.4	15.8	15.8	14.8	12.0	8.1	5.7
T <sub>n</sub>												
2 cm	-1.9	-0.8	-1.8	-0.4	0.7	4.1	10.0	7.6	0.6	-1.5	-2.1	-2.2
5 cm	-1.4	-0.7	-1.5	0.3	1.3	4.6	9.6	8.3	2.3	0.8	-0.4	-1.0
10 cm	-0.8	-0.6	-0.8	0.3	1.7	5.0	10.0	9.5	3.4	1.5	0.3	-0.4
20 cm	0.0	0.0	0.0	0.4	2.7	6.5	11.5	11.4	5.5	2.7	1.0	0.4
50 cm	0.9	0.9	0.9	1.1	4.9	8.9	13.4	13.2	8.2	5.2	2.5	1.4
100 cm	2.1	2.1	2.0	2.2	5.6	9.3	12.0	13.7	10.2	7.6	4.3	3.0

Tab. 17 (Forts.)

Tiefe	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
	HV											
T <sub>x</sub>												
2 cm	0.1	0.1	14.3	17.3	29.9	26.4	28.4	26.5	21.8	16.1	9.2	5.3
5 cm	0.6	0.0	10.7	16.0	24.5	24.2	24.6	24.6	20.9	14.8	8.8	5.0
10 cm	0.3	0.2	9.6	15.2	22.6	23.0	23.2	23.2	19.8	14.1	8.6	4.8
20 cm	0.8	0.4	8.4	13.2	18.8	18.7	22.0	20.6	18.2	13.0	7.7	4.4
50 cm	2.0	1.4	5.7	10.3	13.4	15.1	17.5	18.4	16.7	12.6	8.2	4.4
100 cm	3.7	3.1	3.8	7.4	10.1	12.6	14.7	15.5	15.7	13.1	9.4	6.6
T <sub>n</sub>												
2 cm	-1.8	-1.2	-3.0	-0.5	1.7	7.3	11.9	11.1	5.6	1.5	0.1	-0.6
5 cm	-1.0	-0.9	-1.5	0.2	2.8	7.9	12.5	11.3	6.2	2.3	0.3	-0.3
10 cm	-1.0	-0.7	-1.0	0.4	3.1	8.0	12.8	11.6	6.8	3.4	0.5	-0.2
20 cm	-0.2	-0.3	-0.1	0.6	4.2	9.1	14.1	12.9	8.3	5.0	1.3	0.4
50 cm	0.8	0.5	0.7	1.2	5.9	10.2	14.2	13.9	10.3	7.3	2.6	1.6
100 cm	2.2	1.8	1.4	1.9	5.7	9.3	12.1	13.5	11.4	8.8	4.7	3.1

Tab. 17 (Forts.)

Tiefe	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
	SV											
T <sub>x</sub>												
2 cm	4.0	8.4	26.7	21.2	27.6	30.4	30.8	29.5	27.7	22.9	15.4	8.0
5 cm	3.4	5.4	19.2	17.9	23.8	24.6	26.5	26.1	23.5	19.8	12.7	6.4
10 cm	2.9	3.1	13.4	14.9	21.0	21.5	23.7	23.9	24.2	17.5	10.6	5.2
20 cm	3.3	3.1	11.3	13.1	17.3	18.9	21.7	21.2	23.4	15.4	9.8	4.9
50 cm	4.2	2.5	8.4	10.8	14.6	15.8	18.3	18.6	17.4	12.4	10.5	6.3
100 cm	5.9	4.2	6.7	8.5	8.5	13.0	15.5	16.0	15.8	14.2	11.0	8.3
T <sub>n</sub>												
2 cm	-0.3	-0.2	-0.2	0.7	4.5	8.4	11.5	11.0	8.2	3.4	1.0	0.0
5 cm	-0.4	-0.4	0.0	1.1	4.8	8.3	12.0	12.9	8.5	4.6	1.3	0.1
10 cm	-0.4	-0.5	-0.1	1.0	5.3	8.7	12.8	13.6	8.9	5.5	1.1	0.2
20 cm	0.5	0.4	0.5	1.8	6.0	10.1	14.9	14.7	10.0	7.0	1.8	1.0
50 cm	1.7	1.5	1.5	2.4	7.3	10.8	15.0	15.3	11.3	8.7	3.5	2.4
100 cm	3.3	2.7	2.6	3.5	7.0	9.8	12.8	14.6	12.2	9.9	5.7	4.3

Tab. 17 (Forts.)

Tiefe	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
	NV											
T <sub>x</sub>												
2 cm	0.3	0.0	6.5	12.7	21.4	21.0	22.4	22.3	19.6	14.5	7.6	5.1
5 cm	0.2	0.0	7.9	12.4	19.3	20.3	21.3	19.5	19.4	13.2	7.7	5.1
10 cm	0.6	0.4	4.7	10.9	16.5	17.8	20.7	19.2	19.1	12.3	6.9	4.7
20 cm	1.0	0.8	3.8	9.7	14.6	16.0	19.4	18.6	15.0	12.0	7.1	4.2
50 cm	2.7	1.5	2.9	8.3	12.1	13.8	17.0	16.8	14.9	12.2	7.9	4.5
100 cm	3.6	2.8	2.8	3.0	10.0	12.0	14.7	15.1	14.1	12.2	8.6	6.0
T <sub>n</sub>												
2 cm	-0.6	-0.7	-0.7	0.8	3.2	7.4	12.1	11.8	6.8	2.4	0.9	-0.3
5 cm	-0.7	-0.8	-1.0	0.5	2.6	7.7	12.2	11.9	7.0	3.4	1.1	-0.1
10 cm	0.0	-0.4	-0.2	1.3	4.9	8.7	13.2	12.7	7.9	4.3	1.1	0.1
20 cm	0.4	0.1	0.3	1.6	5.2	9.4	13.9	13.2	8.6	5.4	1.2	0.8
50 cm	1.2	1.0	1.0	2.2	6.1	9.9	13.9	14.0	9.8	6.9	3.3	1.7
100 cm	2.7	2.2	2.2	2.8	6.3	9.2	11.9	13.9	10.6	8.3	5.1	3.4

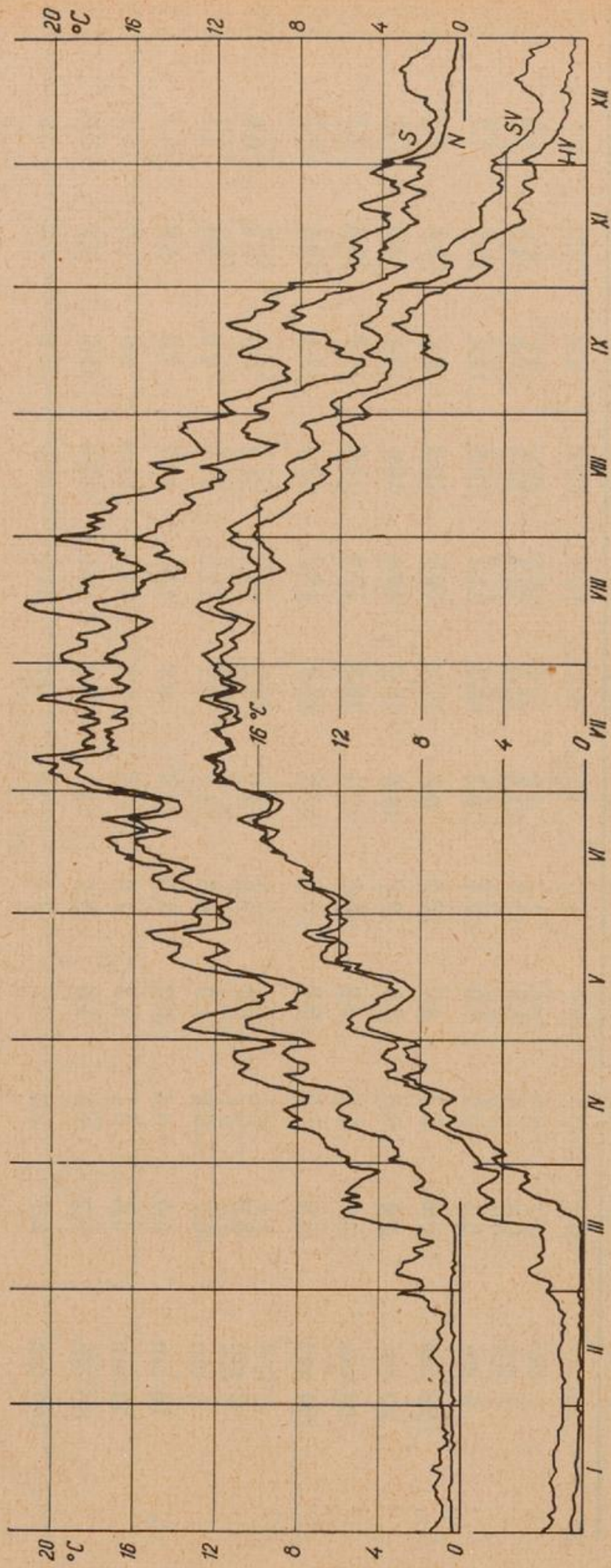


Abb. 9

Jahresgang der Bodentemperaturen in 20 cm Tiefe am Südhang (S), Nordhang (N), am Südhang mit Vegetation (SV) und am Hauptfeld (horizontal) mit Vegetation (HV). Mittel der Jahre 1951 — 1953.

## 6. Der Jahresgang der Bodentemperaturen in 20 cm Tiefe (Abb. 9)

Um abschließend noch einen Überblick über den Jahresgang der Bodentemperaturen von Nord- und Südhang zu erhalten, wurden für die Tiefenstufe 20 cm die Mittelwerte für alle Tage der drei Jahre gebildet und dargestellt. Die Tiefenstufe 20 cm wurde gewählt, weil sie noch verhältnismäßig rasch auf Änderungen anspricht, ohne den starken Schwankungen der obersten Schicht unterworfen zu sein und weil in dieser Tiefenstufe die Differenzen zwischen den einzelnen Meßfeldern noch deutlich hervortreten. Die Kurvenzüge stellen die mittleren Temperaturen in 20 cm Tiefe von S und N, SV und HV dar. HV wurde anstelle von NV gewählt, weil für NV das Jahr 1951 fehlt und der Kurvenzug von NV somit nicht vergleichbar gewesen wäre. HV erscheint als Ersatz für NV auch deswegen recht brauchbar, da die Differenzen NV — HV doch recht gering sind.

Die Kurvenzüge ergeben interessante Aufschlüsse über das Verhalten der Erdbodentemperaturen der einzelnen Meßfelder während der verschiedenen Jahreszeiten. Während am Nordhang oder auch am Hauptfeld von Januar bis in den März hinein fast absolute Temperaturreuhe herrscht, zeichnet sich am Südhang während dieser Zeit immer eine, wenn auch geringe Temperaturbewegung ab. Bereits im März kommt es dort zum ersten beachtlichen Temperaturanstieg, den N und HV nur zögernd mitmachen. Dabei ist zu beachten, daß die Amplitude des Anstieges am 15. 3. bei SV beinahe so groß ist wie bei S, was darauf zurückzuführen ist, daß das Gras noch nicht in dem Maße gewachsen ist, um entsprechend abzuschirmen. Beim nächsten extremen Temperaturanstieg Anfang Mai dagegen ist die Amplitude bei SV im Vergleich zu S um fast die Hälfte zurückgegangen. N dagegen hat fast die gleiche Amplitude wie S, wenn N auch natürlich im gesamten Temperaturniveau entsprechend niedriger liegt. Im absteigenden Ast der Kurvenzüge, im Oktober, findet sich der markante Fall, daß der Temperaturanstieg bei N größer ist als bei S, der nachfolgende Temperaturabfall bei beiden Expositionen aber genau gleich ist. Bei SV und HV zeigen sich die gleichen Verhältnisse.

Allgemein gesehen geben die Kurvenpaare S und N sowie SV und HV sowohl unter sich wie auch miteinander Vergleiche zum guten Einblick in die Unterschiede, die Exposition und Vegetation hervorrufen. Die Annäherung der Kurvenpaare im Juni, Juli, das bei den Feldern ohne Vegetation bereits erkennbar ist, wird bei den Vegetationsfeldern ganz offensichtlich. Ebenso deutlich zeichnen sich die Zeiten der größten Differenzen im Frühjahr und Herbst ab. Vergleicht man das Kurvenpaar S und N mit dem Kurvenpaar SV und HV, so zeigt sich (die Kurven S und N liegen in der Temperaturskala um 6 Grad höher als SV und HV), daß der Abstand der Kurvenpaare außerordentlich schwankt. Während man bis August die Paare deutlich auseinander halten kann, ist dies im Laufe des Septembers und besonders im Oktober nicht mehr der Fall. Ursache dieses Zusammenlaufens der Kurven ist der enorme Temperaturabfall im Meßfeld N. Obwohl der N-Hang in dieser Zeit mehr profitiert als die übrigen Hänge, gibt er diesen Überschuß im allgemeinen umso rascher wieder ab. Höhere Feuchte und damit besseres Wärmeleitvermögen sind die Ursachen dieser Erscheinung am Nordhang. Das Kurvenpaar der Felder mit Vegetation zeigt schließlich noch die außerordentlich dämpfende Wirkung der Vegetation. Die Amplituden der Temperaturänderungen sind im allgemeinen um rund die Hälfte kleiner als auf den Feldern ohne Vegetation. Lediglich im Herbst vermindert sich die isolierende Wirkung der Vegetation etwas, wodurch die Temperaturschwankungen größere Beträge erreichen.

Aus diesen und anderen Erscheinungen, die sich aus den Kurvenbildern ergeben, geht hervor, daß im Zusammenspiel der Faktoren, welche die Bodentemperaturen prägen, wechselseitig der eine oder andere in den Vordergrund tritt. Es ist deshalb nicht verwunderlich, daß sich bei diesen außerordentlich

komplexen Vorgängen, als deren Ergebnis schließlich die Bodentemperatur eine Veränderung erfährt, keine Regel aufstellen läßt und auch der Versuch einer Deutung den wirklichen Verhältnissen nur zum Teil gerecht wird. Lediglich in den Fällen, wo einer der Faktoren eine überragende Rolle spielt, läßt sich eine eindeutige Beziehung finden.

#### Literatur

- (1) Geiger, R.: Das Klima der bodennahen Luftschicht, 3. Auflage Braunschweig 1950, S. 223
- (2) Trautmann, E.: Über Erdbodentemperaturen in verschiedenen Böden Mittelfrankens. Meteor. Rdsch. **12**, 148—150 (1959)
- (3) Siegenthaler, J.: Bodentemperaturen in Abhängigkeit von äußeren meteorologischen Faktoren. Gerlands Beitr. Geophys. **40**, 305—332 (1933)
- (4) Kerner, F.: Die Änderung der Bodentemperatur mit der Exposition. Sitz.-Ber. Akad. Wiss. Wien **100**, 704—729 (1891)
- (5) Grunow, J.: Beiträge zum Hangklima. Ber. Dt. Wetterd. US-Zone Nr. 35, 293—298 (1951)
- (6) Bracht, J.: Über die Wärmeleitfähigkeit des Erdbodens und des Schnees und den Wärmeumsatz im Erdboden. Veröff. Geophys. Inst. Univ. Leipzig 2. Ser. **14**, 3 (1949)

