

# ANGABEN ZUR BODENTEMPERATUR E- UND W-EXPONIERTER HÄNGE

von J. BOROSS

**Summary:** (*Data to the soil temperature of the E- and W-exposed slopes*) The autor carried out microclimatic observations in the Bükk mountains in Hungary on similarly inclined E- and W-exposed valley slopes day and night between 1 and 20 August, 1970. On the basis of these observations he compares the extreme values of the soil temperature according to the duration of sunshine of the slopes and according to the different types of the diurnal variation of cloudiness.

He establishes that on clear days the warmest point of the valley in the 2 to 10 cm deep soil layers is on the W-exposed slope, but with the growth of cloudiness the maximum becomes transferred to the valley bottom. The deeper layers are in any kind of cloudiness warmest in the E exposition.

The cause of such a distribution of the soil temperature maximum is that the E- and W-exposed slopes receive different amounts of irradiation according to the diurnal variation of cloudiness.

**Zusammenfassung:** Der Verfasser hat im Bükk-Gebirge in Ungarn auf gleich neigenden E- und W-exponierten Talwänden zwischen 1–20. August 1970 Tag und Nacht stundenweise Mikroklimamessungen ausgeführt. Auf Grund dieser Messungen vergleicht er die Extremwerte der Bodentemperatur nach der Sonnenscheindauer der Hänge und nach den verschiedenen Typen des Tagesgangs der Bewölkung.

Er stellt fest, dass der wärmste Punkt des Tales an heiteren Tagen in 2–10 cm Bodenschichten auf dem W-exponierten Hang zu finden ist, aber mit der Zunahme der Bewölkung wird das Maximum auf den Talgrund verlegt. Die tieferen Bodenschichten sind bei jeder Bewölkung an der E-exposition am wärmsten.

Die Ursache einer solchen Verteilung des Bodentemperaturmaximums ist, dass die E- und W-exponierten Hänge dem Tagesgang der Bewölkung gemäss verschiedene Mengen von Bestrahlung bekommen.

## Einleitung

Die Temperatur des Bodens ist eine Funktion des Wärmehaushaltes des Bodens in der Strahlungs-, Ableitungs- und Aggregatzustandsveränderungsfaktoren eine Rolle spielen.

R. GEIGER (1961) hat in seiner grundlegender Arbeit die Rolle der mit dem Wärmehaushalt der Bodenoberfläche zusammenhängenden Faktoren zusammengefasst. R. GEIGER sowie A. V. PAWLOW (1965), KISSNÉ, ERZSÉBET TÓTH (1966) haben in ihren Beobachtungen und Rechnungen nachgewiesen, dass an heiteren Sommertagen an der Einnahmeseite des Wärmehaushaltes die globale

Strahlung, und innerhalb dieser die direkte Strahlung, die Grösse der anderen Komponenten weit überschritt, also an heiteren Sommertagen bedingt primär die direkte Strahlung die Erwärmung der Bodenoberfläche und der tieferen Schichten.

A. ANGSTRÖM, S. FRITZ, I. SZAWINOW haben den zahlenmässigen Zusammenhang der globalen Strahlung und der Sonnenscheindauer untersucht. Z. DOBOSI (1957) hat ihre Resultate zusammengefasst und mit einigen Modifikationen ihre Feststellungen für ungarische Verhältnisse angewandt. Diese Zusammenhänge können in mikroklimatologischen Untersuchungen nur für längere Angabenreihen mehrerer Jahre angewandt werden. Es ist aber wahr auch für stündliche Beobachtungen, dass der Sonnenscheindauermesser zeigt wann und wie lange direkte Strahlung auf die Oberfläche kam.

Gleichsinkende E- und W- exponierte Oberflächen — wenn man nur die Sonnenhöhe und die Dauer der Einstrahlung in Betracht zieht — bekommen gleiche Mengen von direkter Strahlung, aber im Tagesgang der Einstrahlung werden die Zeitpunkte der Maxima der Hangsonnenkulmination entsprechend verschoben. Man muss aber auch den Tagesgang der Durchlässigkeit der Atmosphäre, den Tagesgang der zerstreuten Strahlung und der Bewölkung in Betracht ziehen und dass unter natürlichen Umständen die materielle Qualität der Oberfläche nicht homogen ist, wegen der mehr entfernten und der näheren Umgebung die Horizontbeschränkung verschieden ist und da die Neigung nicht gleichmässig ist, die Exposition nicht in allen Punkten gleich ist.

Also wird die Temperatur der Bodenoberfläche und der tieferen Schichten des Bodens neben der direkten Strahlung auch von anderen Faktoren beeinflusst.

W. MAHRINGER (1961) hat sich mit den Strahlungs — und Temperaturverhältnissen der verschiedenen Expositionen beschäftigt, wobei er die Strahlungsverhältnisse und die Oberflächentemperatur verschieden exponierter Strassanfronte und Hausblöcke untersuchte. H. TURNER (1958) hat am Waldrand in den Alpen und CH. URFER—HENNEBERGER (1970) in einem „V“ — förmigen Alpental an E- und W- exponierten Hängen Strahlung, Boden- und Lufttemperatur gemessen.

Auch in Ungarn sind im Bükkgebirge ähnliche Untersuchungen vorgenommen, aber entweder nur an gleich exponierten Hängen mit einem anderen Zweck (R. WAGNER 1969), oder in völlig geschlossenen Dolinen, wo neben der Exposition die morphologisch bedingten mikroklimatischen Eigentümlichkeiten stark dominierten (I. BÁRÁNY 1967, R. WAGNER 1963, 1964, 1970).

In unserem Aufsatz vergleichen wir die Extremwerte der Bodentemperatur eines E- und W- exponierten gleichmässig neigenden Hanges mit der Sonnenscheindauer der Hänge und mit einigen Typen des Tagesgangs der Bewölkung.

### Untersuchungsgebiet und Messungsmethoden

Das Klimatologische Institut der Attila József Universität von Szeged führt unter der Leitung von R. WAGNER seit beinahe zwei Jahrzehnten Mikroklimauntersuchungen im Bükk-Gebirge aus. Im Laufe des Forschungsprogramms bietet sich die Möglichkeit in 1970 Mikroklimamessungen an frisch kahlgelegten beinahe gleichen, gleichmässig neigenden, E- und W- expo-

nierten Talabhängen auszuführen. Der Ort der Messungen ist das sogenannte „Hét fe-nyő völgy“ („Siebentannental“), das von Hochplateau des Bükk hinabführt und vom Gipfel Kurtabérc etwa 500 m weit liegt (N 48°08' und E 20°35').

Das Tal ist nach N offen, die Neigung der Talwände ist 21—23°. Der Wald des Tales (ein 50—70 Jahre alte Buchenwald) wurde einige Monate vor dem Beginn der Messungen gefällt, so gab es noch keine grüne Vegetation auf dem Bodens. Der Boden der Hänge ist felsig, steinig, die Oberfläche ist mit vermodernden Blättern lückenhaft bedeckt.

In diesem Tal wurden die Messungsstationen senkrecht auf die Achse des Tales aufgestellt. Die Talmündung wurde als relative 0 m Höhe genommen (die Höhe dieses Punktes ist 690 m, über dem Meeresspiegel) und die Stationen wurden mit 6 m Höhenunterschieden sowie am Talgrund bei der Begegnung der Abhänge und des Talgrundes angelegt. Die Messungspunkte wurden mit Nummern bezeichnet (Abb. 1). Die Stationen 8—12 waren auf dem ganz kahlen, E-exponierten Abhang, die Messungspunkte 1—3 waren auf der W-Exposition. Station 1 war am Rande des noch überbleibenden ursprünglichen Buchenwaldes. Infolgedessen war die Beschattung und die Horizontbeschränkung an dieser Station sehr gross. Stationen 4—7 waren am Talgrund aufgestellt. Von diesen, Station 6, die in der Abbildung nicht figuriert, ist in der Achsel des Tales nördlich von Station 5 in 6 m Höhe zu finden.

Die Bodentemperatur wurde an allen Stationen in 2, 5, 10, 15, 20, 25 und 30 cm Tiefe mit Quecksilberthermometern und parallel damit an einigen Stationen mit elektrischen Thermometern gemessen. Sonnenscheindauermesser wurden an Stationen 1; 2, 5, 9 und 12 angelegt. Assmannsche Psychrometer (in 10 und 150 cm Höhe) und Schalenanemometer (in 1 m Höhe) wurden an 8 Stationen aufgestellt.

Bei jeder Observation wurden neben instrumentalen Messungen die Bewölkung, die Windrichtung und andere meteorologische Erscheinungen betreffende Beobachtungen ausgeführt. Die Lufttemperatur wurde jede 30 Minuten, die Bodentemperatur und die Luftfeuchtigkeit Tag und Nacht-

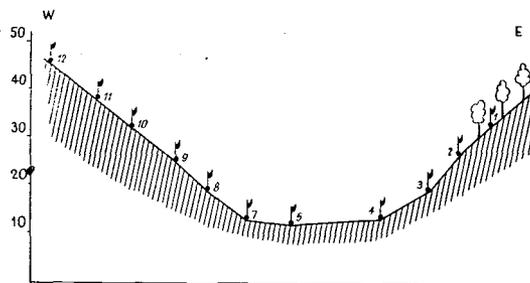


Abb. 1. Die Lage der Stationen im Untersuchten Gebiet

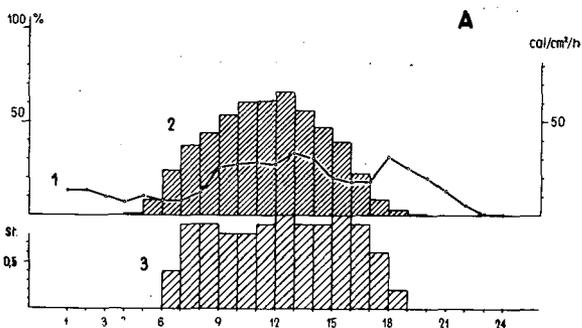
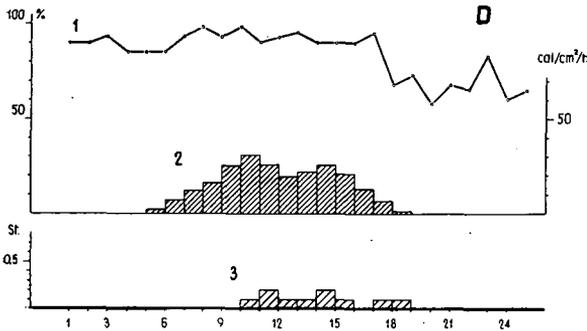
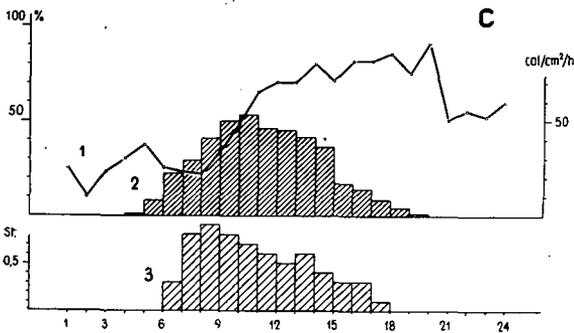
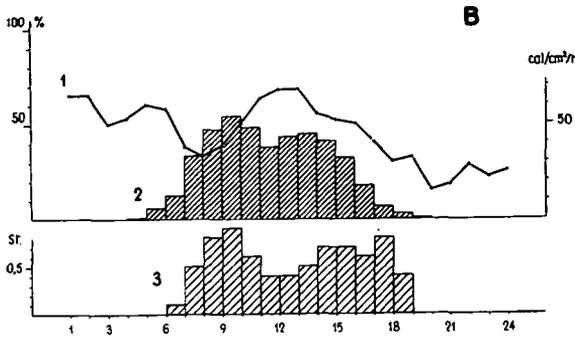


Abb. 2. Die Durchschnittswerte der Bewölkung (1), der Globalstrahlung (2) und der Sonnenscheindauer (3) an der Klimastation auf Kurtabérc nach den Typen des Tagesgangs der Bewölkung



nur in den Mittagsstunden überschreitet aber 40% bei keiner Gelegenheit (2, 5, 13, 14, 15 und 20 VIII.).

B = Mittelmässig wölkiges Wetter, das Maximum der Bewölkung fällt in die Mittagsstunden, ihr Maximum ist durchschnittlich 70%; die Bewölkung nimmt bis zum Nachmittag allmählich ab. Die Sonnenscheindauer in den Mittagsstunden ist 0,5 Stunde (1, 4, 12, 19 VIII.).

C = Mittelmässig bewölkt, die Morgenstunden und die Frühvormittags-

stundenweise gemessen.

Neben den Mikroklimatemessungen wurde auf Kurtabérc auch eine Standard-Klimastation mit unmittelbar ablesbaren und registrierenden Instrumenten betrieben. Zur Aufrüstung der Klimastation gehörten auch ein Sonnenscheindauermesser, ein Regenschreiber und ein Globalstrahlungsschreiber vom „Kipp“ Typ.

Während der Untersuchungsperiode (zwischen 1—20 VIII. 1970) war das Wetter veränderlich. Die Zahl der regnerischen Tage war 11, der Niederschlag war neunmal messbar, zweimal nur spurenhaf. Während der 20 Tage der Beobachtungsperiode fiel 92,1 mm Niederschlag. Viermal fiel ein 10 mm überschreitende Regen. Der Regen war jedesmal mit Gewitter verbunden.

Die Untersuchungstage teilten wir—unter Berücksichtigung der auf Kurtabérc gemessenen Sonnenscheindauer und Globalstrahlung— auf Grund der Bewölkung in vier Gruppen (Abb. 2):

A = Heiteres Wetter ohne Niederschlag, mehr als 10 Stunden Sonnenschein pro Tag. Eine grössere Menge von Bewölkung gibt es

stunden sind heiter, dann steigt die Bewölkung allmählich über 80% und der Himmel bleibt auch in den Nachmittags- und Abendstunden dauernd bewölkt (3, 6, 7, 8, 9, 10 VIII.).

D = Trübes Wetter, der Himmel ist den ganzen Tag bewölkt, die Sonnenscheindauer ist nur einige Zehntelstunden. (11, 16, 17 und 18 VIII.).

Die Untersuchung der Extremwerte der Bodentemperatur geschah mit der Hilfe der mittleren Werte der zu den einzelnen Gruppen gehörenden Tage, wobei gelegentlich auch die Angaben einzelner Tage gebraucht wurden.

### Die Sonnenscheindauer in E- und W-Expositionen

Die Sonnenscheindauer der Stationen auf den Hängen und am Talgrund wurden mit Campbell-Stokesschen Sonnenscheinautographen gemessen. Die mögliche Sonnenscheindauer wurde mittels eines Horizontspiegels nach der Methode von L. TAKÁCS bestimmt (Abb. 3). Die Ausrechnung der relativen Sonnenscheindauer hat keine praktische Bedeutung und gibt wegen instrumentaltechnischer Bedingungen kein reales Resultat; darum haben wir die Angaben der anderen Stationen mit der Sonnenscheindauer des als horizontal ansehbaren Talgrundes (Station 5) verglichen (Tabelle I).

An den heiteren auf dem W-exponierten Hang um ungefähr 30%, im Fall B um 40—44% und im Fall C um 60—70% weniger als an Station 5. In den E-Expositionen war der Unterschied geringerer: die Sonnenscheindauer war dort nur um 5—15% grösser als am Talgrund.

Vergleicht man die Zahl der Sonnensunden, so sieht man klar den Zusammenhang des Tagesganges der Bewölkung und der Sonnenscheindauer auf den E- und W-exponierten Hängen im Falle der Type mit mittlerer Bewölkung (B und C). Im Falle eines mittäglichen Bewölkungsmaximums ist die Zahl der Sonnenstunden in E-Exposition beinahe zweimal so gross und im Falle eines nachmittäglichen Bewölkungsmaximums ungefähr drei oder

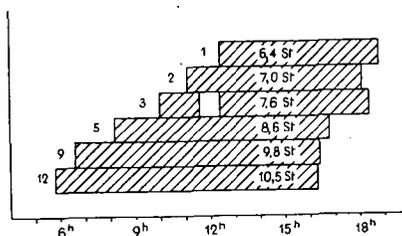


Abb. 3. Die örtlich mögliche Sonnenscheindauer an den verschiedenen Stationen

Tabelle I.

Station	A		B		C		D	
	St Summe von 6 Tagen	%	St Summe von 4 Tagen	%	St Summe von 6 Tagen	%	St Summe von 4 Tagen	%
1.	32,9	71,0	13,3	55,9	9,4	28,6	2,6	83,9
2.	32,0	69,1	14,8	62,2	13,2	40,1	2,3	74,2
5.	46,3	100,0	23,8	100,0	32,9	100,0	3,1	100,0
9.	51,3	110,8	24,8	104,2	36,2	110,1	2,8	90,3
12.	52,8	114,0	24,6	103,4	38,2	116,1	3,3	106,5

Tabelle I. Die wirkliche Sonnenscheindauer nach den Typen des Tagesganges der Bewölkung

viermal so gross. An den heiteren Tagen erreicht die Sonnenscheindauer an keiner Station eine Stunde pro Tag, und die Differenzen zwischen den verschiedenen Expositionen nur einige Zehntelstunden betragen.

### Die Bodentemperatur

Wenn man die Minimumwerte der Bodentemperatur betrachtet, sieht man deutlich die Gestaltung des Taltyps (Tabelle II). Die oberflächennahen Schichten sind am Talgrund an Station 5 am kühlpsten und das ist natürlich so bei allerlei Bewölpung. Je grösser ist aber die prozentige Quantität der Bewölpung, desto minder ist der Unterschied in den Minimumwerten der verschiedenen Stationen.

In den Bodenschichten unter 10 cm aber wird das Minimum auf den Westexponierten Hang hinübersetzt und es wird an Station 3 am niedrigsten. Ebenso ist das Temperaturmaximum an derselben Station in denselben Schichten (abgesehen von Station 1) am niedrigsten. Also ist das niedrige Minimum nicht die Folge der starken Abkühlung, sondern der geringeren Erwärmung infolge der geringeren Einstrahlung.

Es ist interessant, dass die Minima der Station am Waldrand und der ganz offen Westexponierten Station 12 in 2, 5 und 10 cm Schichten mit einem Unterschied von 0,1—0,2 °C fast gleich sind, was aber natürlich nur eine zufällige Übereinstimmung ist, da die Maxima an Station 12 höher sind, aber wenn

Tiefe cm	A						B					
	1.	2.	3.	5.	9.	12.	1.	2.	3.	5.	9.	12.
2	13,9	13,7	11,7	10,6	13,0	13,7	14,6	14,7	13,2	12,4	14,2	14,5
5	14,4	14,7	12,4	11,9	13,4	14,6	15,1	15,4	13,6	13,4	14,6	15,2
10	14,8	15,2	13,1	13,5	14,1	15,0	15,3	15,7	14,0	14,5	15,1	15,6
15	14,9	15,5	13,9	14,7	14,4	16,0	15,3	15,9	14,5	15,4	15,3	16,1
20	15,0	15,7	14,3	15,4	15,0	16,3	15,4	16,1	14,6	15,9	15,5	16,1
25	15,2	16,1	14,5	15,5	15,3	16,1	15,5	16,4	14,7	15,9	15,7	15,9
30	15,4	16,0	14,5	15,3	15,4	15,8	15,5	16,2	14,8	15,6	15,7	15,7
Tiefe cm	C						D					
	1.	2.	3.	5.	9.	12.	1.	2.	3.	5.	9.	12.
2	15,8	16,4	14,3	13,6	15,8	16,4	15,1	15,4	14,4	14,0	15,2	15,6
5	16,1	17,1	14,7	14,6	16,1	17,1	15,4	16,1	14,7	14,5	15,6	15,9
10	16,3	17,3	15,2	15,7	16,5	17,4	15,6	16,3	15,0	15,3	15,8	16,2
15	16,3	17,4	15,6	16,5	16,9	18,0	15,7	16,4	15,3	16,0	16,0	16,6
20	16,4	17,5	15,6	17,0	17,0	18,1	15,7	16,5	15,3	16,4	16,1	16,8
25	16,4	17,5	15,5	16,8	17,1	17,7	15,8	16,6	15,3	16,2	16,2	16,6
30	16,4	17,3	15,4	16,3	16,7	17,3	15,9	16,4	15,2	15,9	16,2	16,3

Tabelle II. Die durchschnittlichen Minima der Bodentemperatur nach den Typen des Tagesgangs der Bewölpung

Tabelle III.

Tiefe cm	A						B					
	1.	2.	3.	5.	9.	12.	1.	2.	3.	5.	9.	12.
2	19,8	23,6	26,8	23,6	21,3	21,9	18,6	21,0	22,9	23,1	20,3	21,2
5	18,8	20,2	23,9	21,5	20,4	20,3	18,1	19,1	21,1	21,3	19,6	20,0
10	17,5	18,8	20,2	19,1	19,1	19,1	17,3	18,2	18,7	19,0	18,8	19,0
15	16,8	17,7	17,3	17,8	18,3	18,4	18,6	17,3	16,7	17,8	18,1	18,3
20	16,5	17,4	17,0	17,4	17,6	17,5	16,5	17,2	16,5	17,2	17,4	17,3
25	16,1	16,9	16,1	16,4	16,8	17,1	16,1	16,8	15,8	16,5	16,7	16,8
30	15,9	16,7	15,2	15,9	16,1	16,4	15,8	16,6	15,2	16,0	16,0	16,1

Tiefe cm	C						D					
	1.	2.	3.	5.	9.	12.	1.	2.	3.	5.	9.	12.
2	19,5	23,0	24,6	25,2	22,5	23,8	17,3	19,1	20,4	20,4	19,1	19,5
5	19,0	20,4	22,7	23,0	21,7	22,1	17,1	17,9	19,2	19,4	18,5	18,8
10	18,1	19,2	19,6	20,2	20,5	20,8	16,9	17,5	17,8	17,9	18,2	17,9
15	17,6	18,7	17,7	18,9	19,9	19,8	16,6	17,0	16,6	17,3	17,4	17,6
20	17,5	18,5	17,5	18,4	19,0	18,9	16,5	17,0	16,5	17,1	17,3	17,1
25	17,1	17,9	16,7	17,4	18,1	18,2	16,5	17,1	16,0	16,5	16,7	16,6
30	16,7	17,6	15,9	16,8	17,1	17,7	16,1	16,8	15,2	16,1	16,5	16,5

Tabelle III. Die durchschnittlichen Maxima der Bodentemperatur nach den Typen der Tagesgangs der Bewölkung <sup>8</sup>

das Maximum der Bewölkung am Nachmittag einsetzt und so die W-Exposition noch weniger Einstrahlung bekommt, sind die Minima hier um ungefähr 1,0° niedriger.

Wenn man die Minima betrachtet, ist der Unterschied zwischen gleichen Schichten der verschiedenen Stationen an heiteren Tagen maximal 3,1 °C in 2 cm zwischen Station 5 und Station 12. An den Tagen mit schwereren Bewölkung ist der Unterschied noch geringer. Auch der Unterschied zwischen den Maxima erreicht 5,0 °C nur an heiteren Tagen (Tabelle III).

Den grössten Temperaturunterschied der Expositionen findet man nicht zwischen den Maxima, oder Minima sondern in den Morgenstunden, schon nach Sonnenaufgang. Bei der Untersuchung der Erwärmung und Abkühlung der Dolinen des Bükk wies R. WAGNER nach, dass der Temperaturunterschied auf den Exponierten Hängen in den Morgenstunden wegen der intensiven Temperaturerhöhung in der bodennahen Luftschicht im Vergleich zu den anderen Expositionen sogar 12,0 °C übersteigen kann.

Nach dem Einsetzen des Minimums, das an allen Stationen in 2 cm zwischen 5 und 6 Uhr geschieht, hängt die Intensität der Temperaturerhöhung davon ab wann die Besonnung des Hanges beginnt (Tabelle IV). Die intensive Temperaturerhöhung beginnt am Talgrund und an der E-Exposition dem Sonnenaufgang entsprechend zwischen 5 und 6 Uhr mit einer Geschwindigkeit von 1,8—2,6 °C pro Stunde. Zu dieser Zeit bekommt die W-Exposition nur noch zerstreute Strahlung. Die Erhöhung der Temperatur an Station 3 ist 0,4—

Tabelle IV.

Stunde Station	Stunde											
	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13
1.	-0,2	-0,3	-0,2	-0,2	0,0	0,0	0,0	0,1	0,2	0,2	0,4	0,6
2.	-0,4	-0,4	-0,3	-0,3	-0,1	0,0	0,2	0,2	0,4	0,6	3,0	2,6
3.	-0,4	-0,4	-0,4	-0,3	0,2	0,5	0,6	0,5	0,9	2,9	3,4	3,5
5.	-0,4	-0,4	-0,4	-0,2	0,5	0,8	2,1	1,8	2,6	1,5	2,0	1,0
9.	-0,4	-0,3	-0,3	-0,2	0,1	1,6	1,8	1,3	1,2	1,2	0,8	0,2
12.	-0,4	-0,4	-0,1	-0,2	0,0	0,9	1,3	1,2	1,4	1,2	1,2	0,7
Stunde Station	Stunde											
	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21	21-22	22-23	23-24	
1.	1,7	1,5	0,9	0,3	-0,2	-0,6	-0,9	-0,7	-0,5	-0,3	-0,2	
2.	1,4	1,1	0,3	-0,5	-1,2	-1,3	-1,0	-1,0	-0,8	-0,5	-0,4	
3.	3,6	1,7	0,9	-1,0	-2,7	-3,1	-2,2	-1,1	-0,8	-0,7	-0,5	
5.	0,5	-0,2	-0,7	-1,6	-2,0	-1,9	-1,4	-0,8	-0,6	-0,6	-0,6	
9.	0,1	-0,3	-0,5	-1,0	-1,3	-0,8	-0,6	-0,5	-0,4	-0,4	-0,3	
12.	0,2	-0,5	-0,5	-0,6	-0,6	-0,7	-0,7	-0,7	-0,5	-0,5	-0,4	

Tabelle IV. Der Tagesgang der stündlichen Veränderung der Bodentemperatur in 2 cm (Durchschnitt der heiteren Tage)

0,6 °C; an den Punkten, die unter der Schattenwirkung des Waldrandes stehen, nur 0,2—0,3 °C und so steigt hier die Temperatur bis zum lokalen Sonnenaufgang bis 11 oder 13 Uhr nur um 1,4—1,7 °C im Vergleich zum Temperaturminimum.

Es ist dann, dass der grösste Temperaturunterschied zwischen den verschiedenen Expositionen entsteht. Zwischen den E- und W-Expositionen übersteigt er um 11—12 Uhr im Durchschnitt von sechs heiteren Tagen 6,5 °C, aber an den einzelnen Tagen kann er im 2 cm Niveau sogar 8,0—8,5 °C erreichen.

Die Besonnung der W-Exposition beginnt nach 10 Uhr. Auf diesen Hang kommt wegen der grösseren Höhe der Sonne über dem Horizont mehr Energie pro Zeiteinheit schon am Beginn der Besonnung als auf die E-Exposition bei gleichem Einfallswinkel. Und so, obwohl der Hang um 11 Uhr noch um 4,0—5,0° kühler war als die E-Exposition, beziehungsweise der Talgrund, wird der wärmste Punkt des ganzen Tales bis 15—16 Uhr auf diesem Hang sein. Die Temperaturerhöhung kann nach 11 Uhr 3,5 °C pro Stunde übersteigen, aber nach der Hangkulmination der Sonne nimmt ihre Intensität rasch ab, und nach 16 Uhr beginnt schon eine intensive Abkühlung mit einer Geschwindigkeit von 2,5—3,0 °C.

Die E-Exposition zusammen mit dem Talgrund bekommt nach der Hangkulmination der Sonne vor 10 Uhr noch eine beträchtliche Menge direkte und zerstreute Strahlung und so trotzdem, dass der Zeitunterschied zwischen den Hangsonnenkulminationen der zwei verschiedenen Expositionen vier Stunden beträgt, ist die Zeitverschiebung zwischen dem Eintreten der Temperaturmaxima nur zwei Stunden.

Das höchste Temperaturmaximum ist in den 2, 5 und 10 cm Schichten an

Station 3 der W-Exposition zu finden, aber in den Schichten tiefer als 10 cm ist die E-Exposition um ungefähr 1,0 °C. Bei der Untersuchung eines ähnlich exponierten aber viel grösseren alpinischen Tales hat CH. URFER—HENNEBERGER (1970) für die Maxima der Oberfläche und der oberflächennahen Bodenschichten ein ähnliches Ergebnis erhalten. Auch W. MAHRINGER (1961) hat die W-exponierte Oberfläche am wärmsten gefunden. Die Erklärung einer solchen Verteilung der höchsten Temperaturmaxima sollte man in dem Unterschied der auf die Hänge kommenden Energiemenge suchen.

In den Mittagsstunden bekommt die W-Exposition intensivere, aber kurzer dauernde direkte Strahlung. In den Frühhmorgenstunden bekommt die E-Exposition weniger intensive aber länger dauernde Strahlung. Vermutlich bekommt die W-Exposition weniger Energie, die nur zur Erwärmung der oberen Bodenschichten genügend ist. Die E-Exposition bekommt zerstreute Strahlung bis spät am Nachmittag, und auch wenn die Bodenoberfläche sich nicht stark erwärmt, kann mehr Energie in die tieferen Schichten gelangen.

An den Tagen mit schwererer Bewölkung, ob das Maximum der Bewölkung um Mittag oder am Nachmittag ist, vermindert die Bewölkung die auf die W-Exposition gelangende Strahlung und so wird das höchste Maximum der Bodentemperatur in 2 und 5 cm Tiefe auf Station 5 verlegt, aber in den anderen, tieferen Schichten ähnlich wie an heiteren Tagen wird es am wärmsten auf dem E-exponierten Hang.

An trüben Tagen ist die Sonnenscheindauer durchschnittlich einige Zehnstunden, es gibt wenig direkte Strahlung, und der Unterschied zwischen den zwei Expositionen erreicht nicht 1,0 °C.

### Zusammenfassung

Mikroklimauntersuchungen wurden zwischen 1—20. August 1970 in einem Tal mit E- und W-Hängen im Bükk-Gebirge ausgeführt.

Auf Grund der Tag und Nacht stundenweise ausgeführten Messungen und nach dem Mass der Bewölkung und dem Zeitpunkt des täglichen Maximums der Bewölkung sind die Beobachtungstage in vier Typen eingereiht. Die Extremwerte der Bodentemperatur gemessen in 7 Schichten in einer Tiefe von 2—30 cm sind in den verschiedenen Typen auf E- und W-exponierten Hängen verglichen.

An heiteren Tagen sind die Bodenschichten zwischen 2—10 cm Tiefe an der W-Exposition und an trüben Tagen am Talgrund, aber die tieferen Schichten in jedem Typ auf dem E-exponierten Hang am wärmsten.

Die Ursache einer solchen Verteilung des Bodentemperaturmaximums ist, dass zwar der W-exponierte Hang wegen der Beschränkung des Horizonts weniger direkte Strahlung bekommt, beginnt seine Besonnung schon bei einer hohen Sonnenstellung und so ist die Intensität der Bestrahlung schon in den ersten Momenten der Besonnung ziemlich gross. Die an Totalmenge geringere aber intensivere Strahlung liefert nur zur Erwärmung der oberen Bodenschichten genügende Energie.

Die Zunahme der Bewölkung um Mittag und am Nachmittag vermindert die auf die W-Exposition gelangende direkte Strahlung. Daher ist die Temperatur am höchsten am vom Gesichtspunkt der Besonnung günstiger gelegenen Talgrund und unter der 5 cm Schicht an der E-Exposition.

## LITERATUR

- BÁRÁNY, ILONA (1967): Der Einfluss des Niveauunterschiedes und der Exposition auf die Lufttemperatur in einer Doline im Bükk-Gebirge. *Acta Clim. Univ. Szegediensis VIII.*
- DOBOSI, Z. (1957): A napfénytartam és a globális sugárzás összefüggése Magyarországon. *Időjárás 61.*
- GEIGER, R. (1961): Das Klima der bodennahen Luftschicht. Braunschweig.
- KISSNÉ, TÓTH ERZSÉBET (1966): A hőháztartás komponenseinek alakulása a tenyész-időszakban. *Időjárás 70.*
- MAHRINGER, W. (1961): Studie über die Oberflächentemperatur von Geländen und Strassendecken in Wien. *Wetter und Leben 13.*
- PAVLOV, A. V. (1965): Tyeploobmen promerzajuscih i protaivajuscih gruntov sz atmoszferoj. Izdatyelsztvo „Nauka”, Moszkva.
- TURNER, H. (1958): Maximaltemperaturen Oberflächennaher Bodenschichten an der alpinen Waldgrenze. *Wetter und Leben 10.*
- URFER—HENNEBERGER, CH. (1970): Neuere Beobachtungen über die Entwicklung des Schönwetterwindsystems in einem „V” förmigen Alpental (Dischmatal bei Davos). *Arch. Met. Geoph. Biokl. Ser. B. 18.*
- WAGNER, R. (1963): Der Tagesgang der Lufttemperatur einer Doline im Bükk-Gebirge. *Acta Clim. Univ. Szegediensis II.—III.*
- WAGNER, R. (1964): Lufttemperaturmessungen in einer Doline des Bükk-Gebirge. *Zeitschrift für Angewandte Meteorologie. 5.*
- WAGNER, R. (1969): Tagesgänge der Temperatur an Bergwiesen und in Wäldern. *Acta Clim. Univ. Szegediensis VIII.*
- WAGNER, R. (1970): Kaltluftseen in den Dolinen. *Acta Clim. Univ. Szegediensis IX.*