

# Mikroklimatische Untersuchungen an einem Vegetationsprofil in den Alpen von Davos III

Autor(en): **Lüdi, Werner**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Bericht über das Geobotanische Forschungsinstitut Rübel in Zürich**

Band (Jahr): - **(1938)**

PDF erstellt am: **25.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-377464>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

# MIKROKLIMATISCHE UNTERSUCHUNGEN AN EINEM VEGETATIONSPROFIL IN DEN ALPEN VON DAVOS III

Von *Werner Lüdi*, Zollikon/Zürich.

Im Davoser Kurs in Alpenbotanik des Jahres 1938 wurden, wie in den beiden vorausgehenden Jahren, während eines Tages vergleichend-mikroklimatische Messungen in mehreren vertikal übereinander liegenden Stationen ausgeführt. Die Stationen lagen wiederum in einem Höhenprofil von Davos auf die Weißfluh, zur Mehrzahl an den gleichen Örtlichkeiten wie im Vorjahre. Die Wiesenstation von Davos wurde in die Nähe des Physikalisch-Meteorologischen Observatoriums verlegt, und zwischen die Stationen Höheweg und Weißfluh schoben wir im Dorftäli eine neue Station ein. Da es von Interesse ist, verschiedene Jahre mit verschiedenartigen Witterungsverhältnissen vergleichen zu können, so wollen wir im nachstehenden die wesentlichen Ergebnisse der Untersuchungen von 1938 mitteilen. Für die Ergebnisse der Messungen von 1936 und 1937 verweisen wir auf die Zusammenstellung in den Berichten des Geobotanischen Forschungsinstitutes Rübel für die betreffenden Jahre.

Wir schicken einen kurzen Überblick über die Lage der einzelnen Stationen voraus.

Station 1. *Picea*-Wäldchen in Davos, im Park des Parkhotels, 1600 m, lokale Nordost-Exposition am Südost-Hang. Geschlossener Bestand mit etwas Unterwuchs. Boden tonig mit Rohhumus an der Oberfläche. Am gleichen Ort wie letztes Jahr. *Piceetum*-Stufe.

Station 2. Kurzgemähter Rasenplatz neben dem Physikalisch-Meteorologischen Observatorium Davos, ca. 1600 m, Exposition flach Südosten. Ziemlich windgeschützt (kleine Bäume in der Nähe; doch ohne direkte Schattenwirkung). Boden kiesig.

Station 3. Kleines *Rhodoreto-Vaccinietum* nahe der Station Höheweg (2140 m). Flache Lage am Südost-Hange. Obere Bodenschicht Rohhumus. Am gleichen Orte wie letztes Jahr. *Rhodoreto-Vaccinietum*-Stufe.

Station 4. *Elynetum* in den obersten Rasen des Dorftäli (2535 m). Auf dem Rücken eines flachen Rundhöckers im mittleren Teile des Tälchens. Boden flachgründig, *Serpentinschutt*. *Curvuletum*-Stufe.

Station 5. Elynetum am Südhange der Weißfluh (2740 m), auf kleiner, flach gegen Süden exponierter Felsterrasse. Boden flachgründig, Dolomitunterlage. Am gleichen Orte wie letztes Jahr. Curvuletum-Stufe.

Die Ausführung der Messungen erfolgte am 27. VII. von 5–20 Uhr, nachdem am Vorabend die Stationen eingerichtet worden waren. Die Anlage der Stationen geschah nach den gleichen Grundsätzen wie in den Vorjahren, ebenso die Durchführung der Messungen, die aber etwas erweitert wurden. Wir maßen neu die Lufttemperaturen mit dem Schleuderthermometer, ferner an der Bodenoberfläche und in 50 cm Höhe alle Stunden neben den Augenblickswerten auch die Maximalwerte und Minimalwerte der Temperatur für die vorausgegangene Stunde. Schwarzkugelthermometer wurden an drei Stationen aufgestellt. Auch die Lichtmessungen wurden etwas vermehrt und die Summationsergebnisse der Photometer durch Messung von Augenblickswerten mit dem Luxmeter von Bergmann und Altmann in Berlin ergänzt. Bisher wurde bei den Verdunstungsmessungen die kugelige Form nur für die schwarzen Verdunstungskörper verwendet, für die weißen die ältere, zylindrische Form. Jetzt kam für alle Atmometer die kugelige Form der Verdunstungsflächen zur Anwendung.

Dem Physikalisch-Meteorologischen Laboratorium Davos danken wir für die Überlassung der von ihm für den betreffenden Tag registrierten meteorologischen Werte und für einzelne Meßinstrumente.

Allgemeiner Witterungscharakter und Bewölkung. Der 24. Juli war ein ausgesprochener Regentag. Am 25. hellte es langsam auf, und der 26. wurde zu einem klaren Sonnentag, der uns ermutigte, die Beobachtungen auf den 27. anzusetzen. Leider erfüllte dieser Tag aber die Hoffnung, einmal zu unseren Messungen einen wolkenlosen Tag zu treffen, nicht. Schon in der Nacht trat plötzliche Bewölkung ein, und um 3 Uhr fiel in der Höhe ein kräftiger Regenschauer. Der Morgen war wieder hell. Doch begannen bereits vor 7 Uhr Nebel aufzusteigen, zuerst in Davos, wo sie bald wieder verschwanden, dann von etwa 8 Uhr an auch in den Höhenstationen. Hier hielten sie sich hartnäckig als kleine Wolken und Nebelfetzen, die langsam herumzogen und den im übrigen hellen Himmel bald mehr, bald weniger verdeckten. Die Bewölkung war infolgedessen an den verschiedenen Stationen zur gleichen Zeit recht ungleich, am stärksten, bald als Nebel, bald als Wolken im Dorftäli. Die Luftbewegung war andauernd schwach. Nach der Registrierung der meteorologischen Station Davos drehte der Wind am frühen Morgen von NW über SW und SE nach NE und behielt die letztere Richtung mit Ausnahme der Beobachtung um 14 Uhr (SE) bei. Unsere Beobachtungs-Höhenstationen dagegen geben andauernd südwestliche oder südliche Windströmung an.

Um 14 Uhr wird im Flüelagebiet ein starkes Gewitter beobachtet, und zur gleichen Zeit treten auch im Davoser Gebiet Bewölkungszunahme, Nebelbildung, leichte Regenschauer ein. Etwas stärkerer Regen wird für Weißfluh um 16 Uhr, für alle Stationen zwischen 16 und 17 Uhr gemeldet. In Davos war der Regenfall so gering, daß die meteorologische Station keinen Niederschlag angibt; in den Höhenstationen war er bedeutend größer. Nach 18 Uhr bildete sich eine niedrig streichende Wolkendecke; in allen Höhenstationen dagegen hellte der Himmel langsam und vollständig auf.

Unsere Beobachter haben die Himmelbedeckung am Stundenende jeweilen in Prozent abgeschätzt. Wir haben diese Werte, die ja nicht genau sind, aber doch die Größenordnung richtig wiedergeben, in der Tabelle 1 zusammengestellt. Bei dem Vergleiche der verschiede-

Tabelle 1. Schätzung der Himmelsbedeckung in Prozenten für die verschiedenen Beobachtungsstationen (N = Nebel)

Tagesstunde	Station Davos	Station Höheweg	Station Dorftäli	Station Weißfluh
5	10	—	10	5
6	0	0	0	0
7	100 N	10	5	5
8	10	100 N	75 N	75 N
9	10	50	80 N	70 N
10	10	20	70 (N)	50
11	20	20	40	40
12	40	30	70	60
13	45	30	80	75
14	80	70	85	80 N
15	40	30	40	50
16	90	70	100 N	100 N
17	90	100 N	100 N	98 N
18	100	100	100 N	85
19	80	10	30	5
20	100	0	10	0

nen Stationen sind die aufsteigenden, ganz ungleich verteilten Nebel und die langsam herumstreichenden, niedrigen Nebelwolken zu berücksichtigen, sowie der beschränkte Horizont der Talstation, vor allem gegenüber der Station Weißfluh, die auch gegen Westen hin freie Sicht besaß.



Windstärke. Wie bereits bemerkt wurde, war die Windstärke an dem Beobachtungstage gering. Es sind aber doch interessante Unterschiede vorhanden, und deshalb haben wir die mittleren stündlichen Windgeschwindigkeiten in der Tabelle 2 zusammengestellt.

Tabelle 2. Mittlere stündliche Windgeschwindigkeit in Metern pro Sekunde für die verschiedenen Beobachtungsstationen.

Tagesstunde	Davos Observat.	Station Davos Wiese	Station Höheweg	Station Dorftäli	Station Weißfluh
5- 6	1,3	0,1	0,6	1,2	1,7
6- 7	1,3	0	0,6	1,3	1,7
7- 8	1,3	0	0,7	1,3	1,4
8- 9	3,6	0	1,3	1,3	1,1
9-10	3,0	0	0,9	1,8	1,1
10-11	2,9	0	1,8	2,1	1,4
11-12	4,7	1,3	2,2	2,9	2,1
12-13	4,9	1,2	3,0	2,4	2,2
13-14	2,7	0	1,5	2,6	3,0
14-15	3,4	0	1,2	2,6	3,5
15-16	4,8	1,2	1,8	2,1	1,7
16-17	3,5	0	1,0	3,0	2,8
17-18	2,6	0	0,6	1,5	2,0
18-19	3,8	1,5	1,3	1,2	2,3
19-20	2,4	0	0,7	1,1	3,2

Die Windgeschwindigkeit steigt vom Morgen an unregelmäßig an, erreicht am Mittag und frühen Nachmittag ihr Maximum und nimmt gegen Abend wieder ab. Doch geben die Beobachtungsstationen in diesem Tagesgang keine völlige Übereinstimmung. Die höchsten Werte zeigen die Höhenstationen Weißfluh und Dorftäli. Weißfluh zeichnet sich auch dadurch aus, daß am Abend ein neuer Anstieg des Windes eintritt und daß am frühen Morgen eine verhältnismäßig kräftige Luftbewegung vorhanden ist. Sehr gering und gleichmäßig ist die Luftbewegung auf der Wiese bei Davos, die durch Bäume und Häuser geschützt ist. Hier spricht das Windrädchen meist gar nicht an, sondern bleibt ruhig stehen. Wir haben zum Vergleiche die von der meteorologischen Station unmittelbar nebenan, aber auf dem Dache des Hauses, ca. 8 m über dem Boden registrierten Werte angegeben. Diese zeigen sehr anschaulich die Zunahme der Windstärke

mit der Entfernung vom Boden (mittlere Windstärke pro Sekunde Observatorium = 3,0 m, Wiese = 0,3 m).

Im Vergleiche zum Beobachtungstage des Vorjahres war die Luftbewegung bedeutend schwächer. Sie betrug am 30. VII. 1937 im Observatorium Davos im Tagesmittel 4,7 m pro Sekunde mit maximalen stündlichen Durchschnittswerten von 8,2 m, 8,4 m, 9,8 m.

Lichtmessungen. Trotz der zeitweiligen Nebelbildung und Bedeckung des Himmels war die Sonnenstrahlung am Beobachtungstage beträchtlich. Um ein Bild von den Verschiedenheiten der Sonnenscheindauer an den einzelnen Beobachtungsstationen zu vermitteln, bringen wir zuerst eine Übersicht über die Zeitpunkte der Sonnenauf- und Niedergänge, die leider zum Teil nicht genau angegeben werden konnten.

Tabelle 3.

Sonnenaufgang- und Niedergang an den Beobachtungsstationen.

	Sonnenaufgang	Sonnenniedergang
Davos . . . . .	5 Uhr 35	vor 18 Uhr (letzte Sonne 15 Uhr)
Höheweg . . . . .	5 Uhr 20	18 Uhr
Dorftäli . . . . .	5 Uhr 26	18 Uhr 46
Weißfluh . . . . .	5 Uhr 15	kurz vor 19 Uhr

Die gesamte Sonnenscheindauer in Davos betrug an diesem Tage 453 Minuten, die zur Hauptsache auf den Vormittag fielen. Von 7–12 Uhr schien die Sonne mit Ausnahme von 3 Minuten andauernd, von 12–13 Uhr noch 37 Minuten, von 13–14 Uhr 4 Minuten, von 14–15 Uhr 33 Minuten, nach 15 Uhr noch 4 Minuten.

Die Globalstrahlung in gcal pro cm<sup>2</sup> und Stunde stieg in Davos von 4 zwischen 5 und 6 Uhr zuerst rasch und dann langsam auf 74 zwischen 12 und 13 Uhr. Zwischen 13 und 14 Uhr erfolgte ein starker Abfall auf 31 und dann nach kleinem Anstieg von 16 Uhr an ein langsamer Abstieg auf 7 zwischen 18 und 19 Uhr. Die Gesamtstrahlung betrug in Davos 521 gcal pro cm<sup>2</sup>. Verglichen mit dem Vorjahre waren sowohl Sonnenscheindauer als auch Globalstrahlung wesentlich größer, die erstere um 218 Minuten, die letztere um 117 gcal pro cm<sup>2</sup>. Das gilt natürlich nur für die Station Davos; für die übrigen Stationen fehlen solche Angaben. Doch dürfte auch

an den Höhenstationen die Sonnenstrahlung höher gewesen sein als an dem Beobachtungstage des Vorjahres, wenngleich infolge des Nebels nicht in dem Umfange wie in Davos.

An den verschiedenen Stationen wurden Lichtmessungen mit dem Photometer Eder-Hecht in der von Dorno verbesserten Ausführung gemacht. Die Apparate wurden am Vorabend in der Dämmerung ausgelegt und blieben während des ganzen Beobachtungstages dem Lichte ausgesetzt. Die Ergebnisse sind in Tabelle 4 zusammengestellt.

Tabelle 4. Die Ergebnisse der Photometermessungen an den verschiedenen Stationen.

	Relative Lichteinheiten
Davos, Piceetum . . . . .	4
Davos, Wiese (2 Instrumente) . . . . .	140
Höheweg, frei ausgelegt (2 Instrumente) . . . . .	205
in das Rhodoretum eingesenkt . . . . .	31
Dorftäli . . . . .	190
Weißfluh auf dem Rasen . . . . .	210
auf dem Dolomitfels . . . . .	260

Wir geben diese Zahlen mit einigem Vorbehalt, da es scheint, als ob einzelne Instrumente überrnormale Fehler aufweisen, die durch eine neue Eichung genauer festgestellt werden müssen. Immerhin ist ein beträchtlicher Anstieg der Lichtstärke gegen die Höhe hin nicht zu verkennen. Der helle Fels gibt infolge der Rückstrahlung größere Werte als der Rasen.

Beim Vergleiche mit dem Vorjahre müssen wir zuerst berichtigen, daß die Werte für Höheweg und Weißfluh im Jahre 1937 infolge eines Mißverständnisses bei der Berechnung viel zu hoch geworden sind. Sie müssen heißen: Höheweg 155, Weißfluh 165 relative Lichteinheiten. Dann ergibt sich für diese beiden Höhenstationen im Jahre 1938 ein wesentlich höherer Wert, für Davos ein kleinerer, für das Piceetum genau der gleiche. Auf eine Diskussion verzichten wir, bis die Instrumente nachgeprüft sind.

Mit dem Luxmeter bestimmten wir einige Momentanwerte des Lichtes an den verschiedenen Beobachtungsstationen. Die lichtempfindliche Zelle wurde dabei immer horizontal gehalten, entweder gegen den Himmel oder gegen den Boden. Die Schattenwerte

(mit Ausnahme des Waldes) wurden im Körperschatten mit ausgestrecktem Arm bestimmt.

Weißfluh, 9 Uhr	bei voller Sonne	bei Nebel
frei gegen oben . . . . .	> 100 000	30 000 – 40 000
im Körperschatten . . . . .	60 000	
gegen berasteten Boden (Elynetum) . .	6 000	2 000 – 3 000
gegen Felsboden (Dolomit) . . . . .	15 000	3 000 – 5 000
gegen Dolomit-Felswand . . . . .	23 000	9 000 – 15 000
Dorftäli, 10 Uhr:		
frei gegen oben . . . . .	> 100 000	48 000 – 77 000
im Körperschatten . . . . .	60 000 – 67 000	
gegen berasteten Boden (Elynetum) . .	12 000	6 000 – 12 000
gegen Felsboden (Serpentin) . . . . .	14 000	7 000 – 13 000
Höhenweg, 12 Uhr:		
frei gegen oben . . . . .	> 100 000	
im Körperschatten . . . . .	29 000 – 31 000	
gegen bewachsenen Boden (Rhodoretum)	8 000	
gegen Felsboden (Granit) . . . . .	13 000 – 14 000	
Davos, Garten der Villa Johanna, 13 Uhr:		
frei gegen oben . . . . .	> 100 000	
im Körperschatten . . . . .	23 000 – 27 000	
gegen überwachsene Gartenbeete (Erdbeeren, Rhabarb.) . . . . .	8 000	
gegen kiesigen Weg . . . . .	14 000	
Davos, Fichtenwald (Photometerstation) und benachbarte Parkwiese, 14¼ Uhr, bei wechselnder Bewölkung:		
	mit voller Sonne	ohne Sonne
Wiese, frei gegen oben . . . . .	> 100 000	30 000 – 45 000
gegen berasteten Boden . . . . .	9 000	2 000 – 3 000
Waldrand, im leichten Schatten . . . . .	60 000	
Wald, frei gegen oben . . . . .	1 300	600 – 950
gegen den Boden . . . . .	600	40 – 50

Die Werte der verschiedenen Stationen sind nicht streng vergleichbar, da sie zu verschiedenen Tagesstunden und damit auch bei verschiedener Sonnenhöhe erhalten worden sind. Immerhin hielt sich die Gesamtlichtstärke an der Sonne, die wir leider nicht genau bestimmen konnten<sup>1)</sup>, andauernd über 100 000 Lux und muß während der Messungen von Weißfluh bis Höheweg (9–12 Uhr) angewachsen

---

<sup>1)</sup> Inzwischen ist durch die freundliche Mithilfe von Herrn Dr. W. Mörikofer der Meßbereich unseres Luxmeter mittels vorgeschalteter Grauscheibe auf über 300 000 Lux erweitert worden.

sein. Während der Messungen in Höheweg und Davos-Garten (12 und 13 Uhr) ist keine wesentliche Veränderung in der Strahlung anzunehmen, und bis zu den Messungen in Davos-Wald und Parkwiese wird nur eine kleine Abnahme eingetreten sein.

Da ist es nun von Interesse, zu sehen, wie das Licht im Körperschatten (diffuse Strahlung) von Weißfluh gegen Dorftäli um etwas zunimmt, dann nach Höheweg einen scharfen Abfall auf die Hälfte erleidet und nach Davos hin noch etwas mehr abnimmt. Der Wert im Nebel ist natürlich je nach der Dichte des Nebels stark schwankend und reicht in unserem Falle von der Hälfte des Körperschattenwertes bis etwas über diesen hinaus.

Der Lichtwert gegen den Felsboden bleibt von der Weißfluh bis nach Davos sehr konstant, ist aber für den dunklen Serpentin und für den Granit etwas niedriger als für den hellen Dolomit. Der bewachsene Boden ist dunkler als der Felsboden; doch erleidet das Verhältnis merkliche Schwankungen. Am kleinsten ist der Unterschied im Dorftäli, am größten auf Weißfluh. Das Elynetum erscheint im Dorftäli doppelt so hell als auf der Weißfluh. Das gilt nicht nur bei voller Sonne, sondern auch bei Nebel. Im Dorftäli zeigte das Elynetum 6000 Lux bei „schwacher Sonne“. Rhodoretum im Höheweg und bewachsene Gartenbeete in Davos waren gleich hell, die Wiese in Davos etwas heller (helleres Grün).

Außerordentlich stark ist die Lichtabnahme von der besonnten Wiese in den anstoßenden Wald. Der letztere hat nur ungefähr 1% der Gesamthelligkeit. Die Photometer ergeben für den ganzen Tag 3%. Der Unterschied läßt sich durch die Sonnenarmut des Nachmittags erklären. Die Helligkeitsunterschiede des Bodens zwischen Wiese und Wald bei voller Sonne sind weniger groß: der Waldboden besitzt beinahe 7% der Helligkeit der Wiese. Ist die Sonne verdeckt, so nimmt die Helligkeit im Walde nur ungefähr um die Hälfte ab, auf der Wiese wesentlich mehr, und dadurch verringert sich der Helligkeitsunterschied zwischen Wiese und Wald um ein wenig, indem der Wald ungefähr 2% des Lichtes der Wiese empfängt. Dagegen nimmt die Helligkeit des Wiesenbodens, wenn die Sonne verdeckt ist, nur um das 3–5fache ab (offenbar in gleicher Größenordnung wie die Gesamthelligkeit), die des Waldbodens um das 12–15fache, so daß die Helligkeit des Waldbodens nur noch etwa 2% derjenigen des Wiesenbodens beträgt.

Temperaturmessungen. Für die Lufttemperatur stehen uns in Davos die Angaben des Physikalisch-Meteorologischen Observatoriums zur Verfügung; die übrigen Werte wurden mit dem Schleuderthermometer gewonnen. Wir bringen eine Zusammenstellung in der Abbildung 1. Diese zeigt bei allgemeiner Temperaturabnahme mit

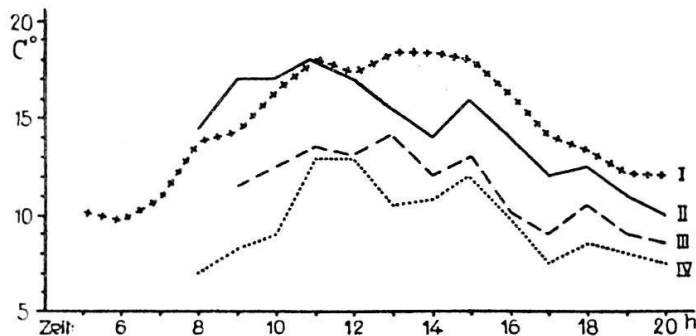


Abb. 1.

Mikroklimatisches Höhenprofil Davos-Weißfluh. Lufttemperaturen.

I = Davos, Observatorium (1600 m) III = Dorftäli (2535 m)  
 II = Höheweg (2140 m) IV = Weißfluh (2740 m)

zunehmender Höhe einen etwas unregelmäßigen Kurvenverlauf und einen zu ungleicher Zeit eintretenden Maximalwert der Temperatur. Das Maximum wird erreicht in Davos um 13 und 14 Uhr (ein beinahe gleich hoher Wert bereits um 11 Uhr), im Höheweg um 11 Uhr, im Dorftäli um 13 Uhr, auf der Weißfluh um 11 und 12 Uhr. Um 13 Uhr tritt an den Beobachtungsstationen Davos und Dorftäli ein Neuanstieg der Kurve auf, der im Höheweg und auf der Weißfluh fehlt, und um 15 Uhr und 18 Uhr finden sich neue Temperaturanstiege, die nur in Davos fehlen. Diese Ungleichheiten im Verlaufe der Temperaturkurve sind hauptsächlich auf die verschiedene Bewölkung zurückzuführen.

An die Davoser Kurve der Lufttemperatur schließt am engsten an die Fichtenwaldkurve der Temperaturmomentanwerte, 50 cm über dem Boden. Im Wald erfolgt der Anstieg etwas langsamer bis zum Maximum um 13 Uhr (18°). Dann finden wir dort um 14 Uhr einen Abfall um 2°, der im Observatorium nicht registriert wurde und erst im Höheweg und im Dorftäli wieder ähnlich auftrat.

In den Abbildungen 2 bis 6 ist der Verlauf der Bodentemperaturen sowie der Lufttemperaturen für nicht abgeschirmte Thermometer an der Bodenoberfläche und in 50 cm Höhe über dem Boden und des



Schwarzkuigelthermometers (50 cm über dem Boden) dargestellt. Da wir dieses Jahr neben den Stundenwerten auch die Maximalwerte und Minimalwerte für die zwischen den Stunden liegenden Zeitintervalle gemessen haben, so geben wir die Darstellung der Maximalwerte und Minimalwerte und lassen die Stunden-Momentanwerte weg. Die Kurven werden dadurch ausgeglichener und erlauben uns, die stündlichen Extremschwankungen festzustellen. Allerdings fehlt bei dieser Darstellung die genaue Parallelität zu den Kurven der Erdbodenthermometer und des Schwarzkuigelthermometers, die Werte des Stundenwechsels angeben. Aber zum Vergleich mit den Bodentemperaturen ergibt sich daraus nur ein Vorteil, da die Erdbodenthermometer auf die Veränderung der Sonnenstrahlung nur langsam reagieren, ihre Angaben den Wärmeveränderungen der Luft immer nachhinken und die Ablesung zur Zeit des Stundenschlages gewissermaßen eine Summation der Temperaturveränderungen im Boden seit der vorausgehenden Ablesung darstellt.

Im Piceetum zeigen die Kurven einen sehr ausgeglichenen Verlauf mit schwachen Extremen und auch mit geringen stündlichen Extremschwankungen. Im allgemeinen sind die Temperaturen in der freien Luft am höchsten und nehmen mit der Annäherung gegen den

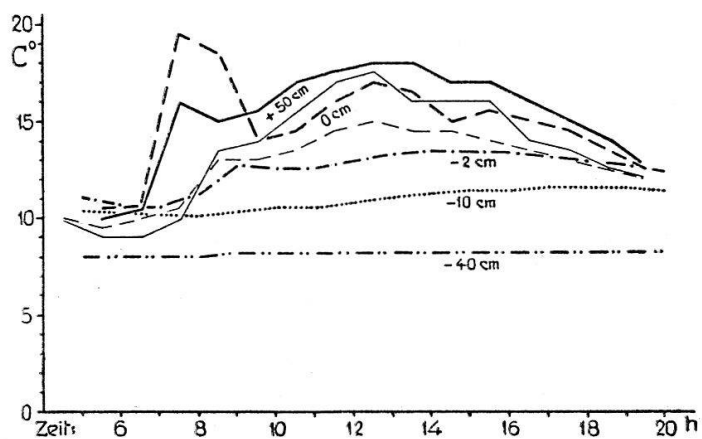


Abb. 2.

Mikroklimatisches Höhenprofil Davos-Weißfluh. Temperaturwerte im Piceetum von Davos (1600 m). Erklärung der Zeichen s. Abb. 3

Erdboden und in den Erdboden hinein ab. Nur am frühen Morgen ist die Luft 50 cm über dem Boden um ein wenig kühler als die Bodenoberfläche und die oberen Bodenschichten bis in 10 cm Tiefe. Ein Sonnenfleck bewirkte zwischen 7 und 8 Uhr eine bedeutende

Aufwärmung, die vor allem an der Bodenoberfläche, aber auch noch 50 cm über dem Boden in Erscheinung trat. Diese Einwirkung kann an der Bodenoberfläche noch um 9 Uhr schwach nachgewiesen werden, während sie in 2 cm Bodentiefe erst in diesem Zeitpunkte durch einen etwas übernormalen Temperaturanstieg bemerkbar wird und sich bis um 10 Uhr auswirkt. Kräftige Sonnenflecke sind offenbar für den Wärmehaushalt der Wälder nicht ohne Bedeutung.

Einen ganz anderen Typ des täglichen Wärmeganges gibt die Wiese beim Observatorium, trotzdem sie die gleiche Lufttemperatur aufweist wie der benachbarte Fichtenwald. Die einzelnen Kurven

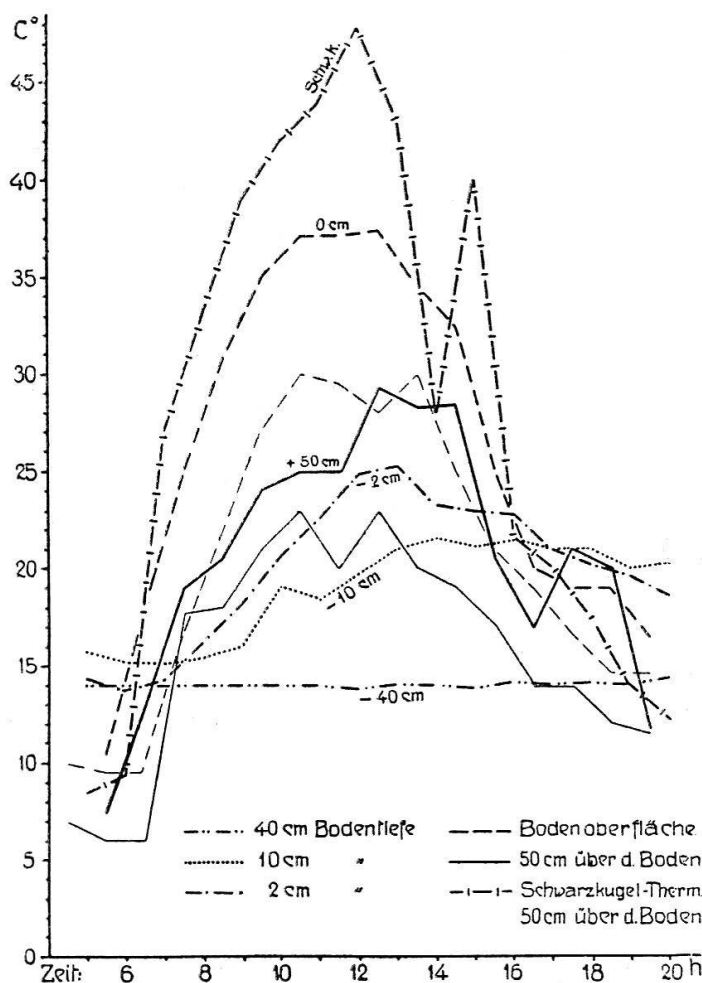


Abb. 3

Mikroklimatisches Höhenprofil Davos-Weißfluh. Temperaturwerte der Observatoriumswiese in Davos (1600 m). Für die Temperaturen an der Bodenoberfläche und 50 cm über dem Boden bedeuten die dick ausgezogenen Kurven die jeweiligen Maximalwerte, die dünn ausgezogen die Minimalwerte.



rücken viel weiter auseinander und zeigen mit Ausnahme des Erdbodenthermometers in 40 cm Bodentiefe einen weit stärker gespannten Tagesgang und die Lufttemperaturen auch viel stärkere Stundenextreme. Kräftige Überschneidungen einzelner Kurven treten auf. Verhältnismäßig hoch ist die Temperatur in 40 cm Bodentiefe ( $14^{\circ}$ ,  $6^{\circ}$  höher als im Wald). Die Temperaturwerte im Boden sind am frühen Morgen nahe beisammen. Am wärmsten ist der Boden in 10 cm Tiefe. Die Bodenoberflächentemperatur liegt 4 bis  $6^{\circ}$ , die Lufttemperatur in 50 cm Höhe sogar 7 bis  $10^{\circ}$  unter den Bodentemperaturen. Die Aufwärmung im Laufe des Vormittags bei andauernder Besonnung hebt die Temperatur der Bodenoberfläche weit über alle andern bis zu einem Maximum von  $37,5^{\circ}$ . Die 50-cm-Kurve überschneidet ebenfalls alle Bodentemperaturkurven und erreicht  $29^{\circ}$ . Aber auch die Temperaturen in 2 und 10 cm Bodentiefe steigen beträchtlich an, wenngleich mit starker Verlangsamung. Das Maximum in 2 cm Bodentiefe übersteigt mit  $25^{\circ}$  sogar das Stundenmaximum in 50 cm Höhe ( $23^{\circ}$ ). Im Laufe des Nachmittags finden wir im Kurvenverlauf den umgekehrten Gang, und um 20 Uhr ist die Temperatur in 50 cm Höhe bereits wieder weitaus am niedrigsten und die Temperatur der Bodenoberfläche gleich wie in 40 cm Bodentiefe, während die oberen Bodenschichten noch bedeutend wärmer sind ( $-2$  cm =  $17,5^{\circ}$ ,  $-10$  cm =  $20,5^{\circ}$ ). Noch viel stärker als bei den gewöhnlichen Thermometern ist die Kurvenspannung des Schwarzkugelthermometers, das im Maximum  $48^{\circ}$  aufzeigt. Die Früh- und Spätwerte des Schwarzkugelthermometers stehen etwas höher als die des daneben aufgehängten gewöhnlichen Thermometers, was auf die Absorption von diffuser Lichtstrahlung zurückzuführen ist.

Die Bewölkungsverhältnisse des Beobachtungstages beeinflussen den Gang der Temperaturkurven der Observatoriumswiese in dem Sinne, daß die zu erwartenden mittäglichen Maximalwerte um ein geringes verkleinert sind (Rückgang der Lufttemperatur um 12 Uhr) und im Laufe des Nachmittags der Temperaturabfall wesentlich zu rasch erfolgt. Die Aufhellung zwischen 14 und 15 Uhr hebt die Temperatur des Schwarzkugelthermometers und verlangsamt den Abfall der übrigen Temperaturkurven.

Die Temperaturdiagramme der drei Höhenstationen schließen sich an dasjenige der Davoser Observatoriumswiese an, zeigen aber Eigentümlichkeiten, die von der zunehmenden Höhenlage herrühren.

Die Station Höheweg bildet den Übergang von der Talstation Davos zu den eigentlichen Höhenstationen Dorftäli und Weißfluh. Hier ist zu berücksichtigen, daß die Bodenthermometer und das Thermometer auf der Erdoberfläche die Temperaturen unter dem Zwerggesträuche von *Rhododendron ferrugineum* und *Vaccinium* maßen. Dies läßt Werte erwarten, die zwischen denen des offenen Bodens und des Waldes liegen. Die Kurven verhalten sich denn auch so, daß bei wesentlich tieferen Temperaturwerten, diejenige aus 10 cm Bodentiefe in ihrem Tagesgange wie die entsprechende Fichtenwaldkurve verläuft, die von der Bodenoberfläche sich an die entsprechende der Observatoriumswiese anschließt und die aus 2 cm Bodentiefe einen mittleren Gang einnimmt, ähnlich, aber mit schwä-

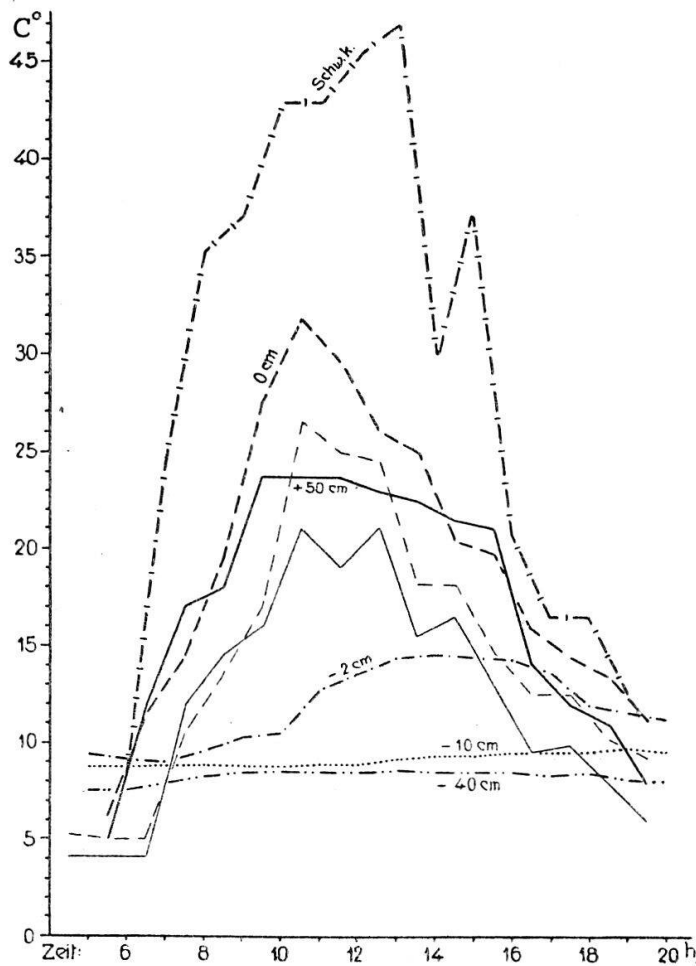


Abb. 4

Mikroklimatisches Höhenprofil Davos-Weißfluh. Temperaturwerte im Rhodoretovaccinietum des Höheweges (2140 m). Erklärung der Zeichen s. Abb. 3.

cherer Spannung, wie die 10-cm-Bodenkurve der Observatoriumswiese. Die morgendlichen Anfangswerte stehen für die 2-cm- und 10-cm-Bodenkurven im Höhweg um etwa 5 bis 6° tiefer als in der Observatoriumswiese, für die Bodenoberfläche um etwa 4 bis 5°; die Maxima stehen am Höhweg für 10 cm Bodentiefe um 12°, für 2 cm Bodentiefe um 10° und an der Bodenoberfläche um 5° tiefer als in der Observatoriumswiese in Davos.

Die 40-cm-Bodentemperatur steht im Höhweg ungefähr auf gleicher Höhe wie im Fichtenwald, aber 5° tiefer als in der Observatoriumswiese. Sie ist wahrscheinlich etwas zu hoch, da der am Höhweg verwendete Thermometertyp mit Metallgehäuse eigentlich nur für kurzfristige Messungen bestimmt ist und im Laufe des Tages eine merkliche Wärmeleitung von der Erdoberfläche her bewirken kann.

Die Temperaturkurve von 50 cm Bodenhöhe erreicht den Maximalwert bereits um 9 Uhr und läßt den mittäglichen Temperaturanstieg ganz vermissen. Sie bleibt in den Maximalwerten um 5° hinter denen der Observatoriumswiese zurück, während die entsprechenden Werte der Lufttemperaturen beinahe gleich hoch sind. Sie hat ferner mit der Lufttemperatur des Höhwegs die vormittäglichen Höchstwerte gemeinsam. Dagegen stimmt die Kurve des Schwarzkugelthermometers vom Höhweg nach Verlauf und Höchstwert weitgehend mit derjenigen der Observatoriumswiese überein. Doch tritt das Maximum am Höhweg um eine Stunde später ein (13 Uhr).

In den Elynetum-Stationen Dorftäli und Weißfluh herrscht weitgehende Übereinstimmung im Temperaturgang und in den Temperaturwerten. Die Erwärmung der tieferen Bodenschichten im Laufe des Tages ist nur gering (in 10 cm Tiefe von 9° bis auf 12° im Dorftäli, von 9° bis auf 13° auf Weißfluhjoch) und die Temperaturhöhe von derjenigen des Höhweg nur wenig verschieden. In 2 cm Bodentiefe liegen die Minimalwerte wie die Maximalwerte der Höhenstationen um 7 bis 8° tiefer als in der Davoser Wiese. Die Aufwärmung des Bodens vom Minimum bis zum Maximum in 2 cm Tiefe erreicht dagegen im Dorftäli und auf der Weißfluh annähernd die gleichen Werte (11,5, resp. 11°) wie auf der Observatoriumswiese Davos. Diese Kurve überschneidet diejenige der Maximumwerte von 50 cm über dem Boden bereits vom Mittag an und während des Nachmittags in stärkerem Maße als in den tiefer gelegenen Stationen. 50 cm über dem Boden bleibt die Temperatur der Höhenstationen gegenüber

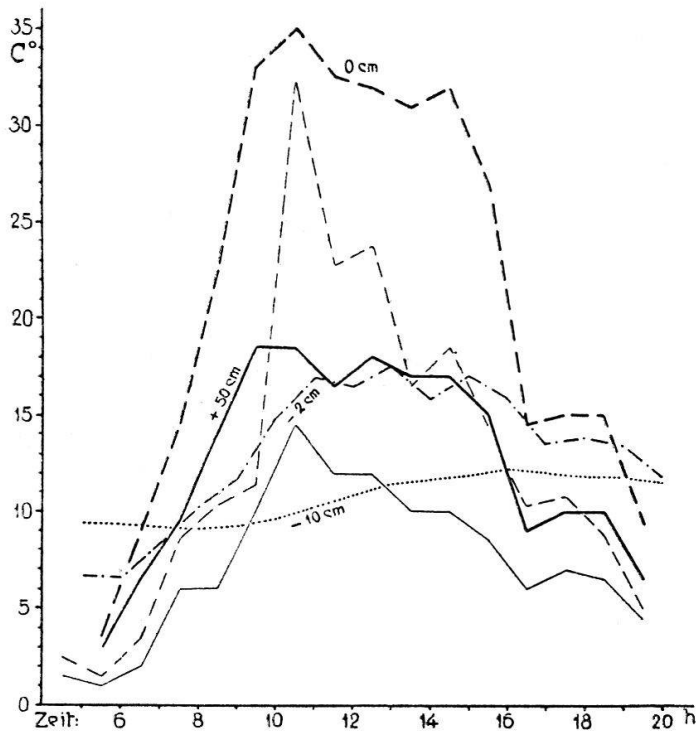


Abb. 5

Mikroklimatisches Höhenprofil Davos-Weißfluh. Temperaturwerte im Elynetum des Dorftäli (2535 m). Erklärung der Zeichen s. Abb. 3.

der Talstation ebenfalls sehr zurück, im Maximalwert ca.  $11^{\circ}$ , Minimalwert 4 bis  $5^{\circ}$ . Daraus ergibt sich auch, daß die Spanne zwischen Maximum und Minimum im Tal größer ist als auf der Höhe. Der Höhweg hält mittlere Werte: Davos =  $23,5^{\circ}$ , Höhweg =  $20^{\circ}$ , Dorftäli =  $17,5^{\circ}$ , Weißfluh =  $15,5^{\circ}$  (im Piceetum von Davos  $9^{\circ}$ ). Dagegen erreicht die Erwärmung an der Bodenoberfläche mit starken Schwankungen in den Elynetumstationen ihre relativ höchsten Werte, die im Dorftäli von  $2,5$  bis  $35^{\circ}$  und auf der Weißfluh von 2 auf  $31^{\circ}$  ansteigen (Observatoriumswiese von 10 bis  $37,5^{\circ}$ ).

Das Schwarzkugelthermometer, von dessen Angaben nur die Aufstiegskurve des Vormittags verwendet werden konnte, zeigt auf der Weißfluh annähernd die gleichen Werte wie in Davos und im Höhweg. Es ist nicht zu vergessen, daß bereits Davos ein Höhenklima mit starker Strahlung besitzt.

Vergleichen wir schließlich diese Ergebnisse der Temperaturmessungen mit denjenigen von 1937. Das Mittel der stündlichen Lufttemperaturablesungen des Observatoriums Davos von 5 bis 20 Uhr ist im Jahre 1938 um  $1,2^{\circ}$  höher ( $14,5^{\circ}$  gegen  $13,3^{\circ}$ ). Auch die von

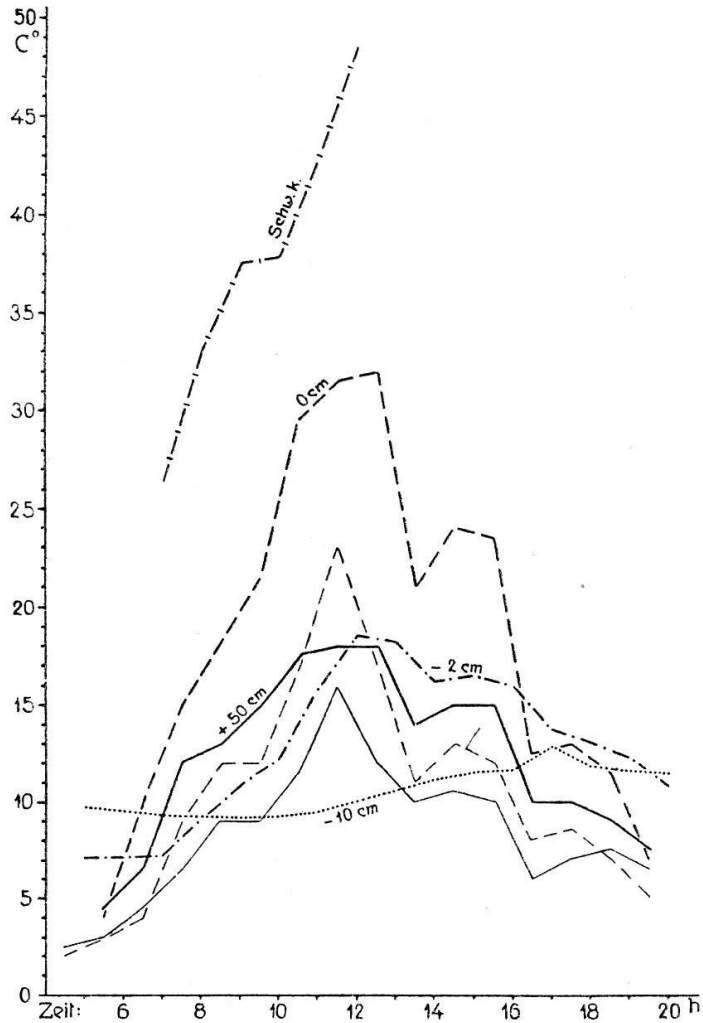


Abb. 6

Mikroklimatisches Höhenprofil Davos-Weißfluh. Temperaturwerte im Elynetum der Weißfluh (2740 m). Erklärung der Zeichen s. Abb. 3.

uns gemessenen Temperaturen sind 1938 in den Maximalwerten und in den Temperatursummen etwas höher; aber die Abweichungen sind nicht groß. Im Fichtenwalde verlaufen die Kurven in beiden Jahren beinahe gleich; doch ist 1938 der nachmittägige Kurvenabfall ausgeglichener. Für die Stationen Davos-Wiese, Höheweg, Weißfluh sind in beiden Jahren die gleichen Gesetzmäßigkeiten festzustellen und fallen die Werte bei meist nicht bedeutenden Abweichungen in die gleiche Größenordnung. Die Unterschiede spiegeln die Verschiedenheiten der Wetterlage und bestehen besonders darin, daß im Jahre 1937 der Temperaturanstieg des Vormittags unregelmäßiger erfolgte (vor allem in den Höhenstationen), dagegen die maximalen

Temperaturen der Mittagszeit länger anhielten und der Temperaturabfall infolge des ausbrechenden Gewitters und des anschließenden Nebelregens rascher vor sich ging.

Auffallend ist die bedeutend höhere Bodentemperatur in 40 cm Bodentiefe in der Wiese von Davos im Jahre 1938 ( $14^{\circ}$  gegen  $7^{\circ}$ ), während die Morgentemperaturen in 10 cm und 2 cm Bodentiefe beide Jahre ungefähr gleich geblieben sind und die 40-cm-Bodentemperatur im Fichtenwald im Jahre 1938 um  $0,5^{\circ}$  niedriger war. Vermutlich ist dies auf die verschiedenartige Bodenbeschaffenheit zurückzuführen. Der Boden der Parkwiese war lehmig, der Boden der Observatoriumswiese kiesig, und es ist anzunehmen, daß durch den kiesigen, leicht austrocknenden Boden ein Temperatúrausgleich stattfand, der es mit sich brachte, daß in 40 cm Tiefe die Erwärmung beinahe gleich hoch war wie in 2 cm und 10 cm Tiefe.

Luftfeuchtigkeit (Abb. 7). Die relative Luftfeuchtigkeit zeigt morgens und abends weitgehende Sättigung und den Abfall zum Minimalwert in den Mittagsstunden. Den geringsten Abfall mit einem Minimum von 63% finden wir im Fichtenwald. Das Observatorium

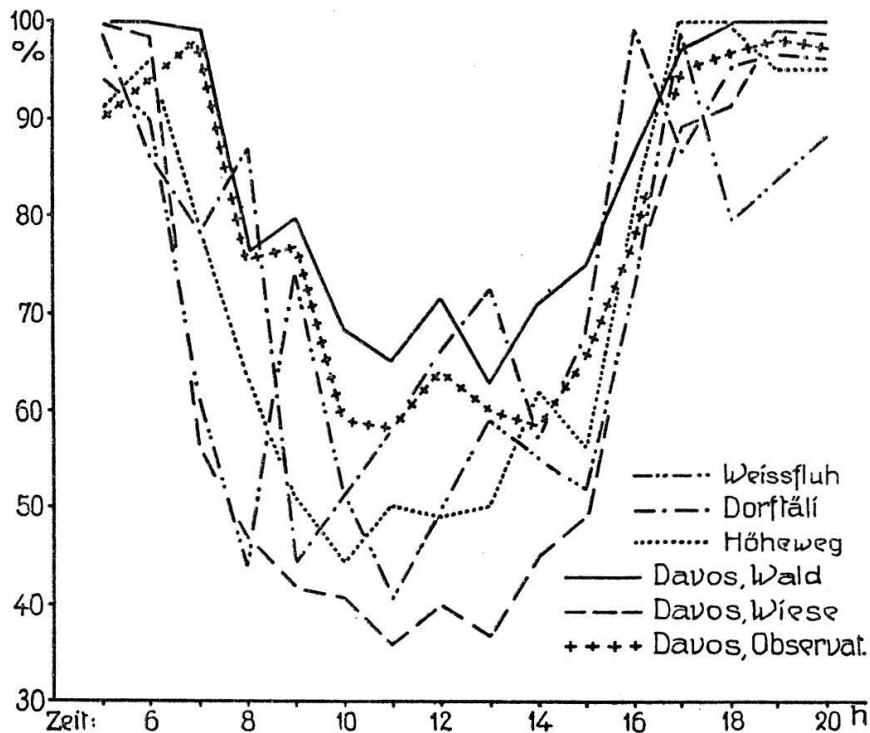


Abb. 7

Mikroklimatisches Höhenprofil Davos-Weißfluh. Gang der relativen Luftfeuchtigkeit.

Davos ergibt für die bodenferne Luftschicht von 7 bis 9 Uhr einen völlig übereinstimmenden Gang der relativen Luftfeuchtigkeit. Am frühen Morgen dagegen ist die Luft auf dem Dache des Observatoriums trockener als im Fichtenwald, und ebenso um die Mittagszeit und während der Zunahme der Feuchtigkeit im Nachmittag. Die Kurven gehen aber ziemlich parallel und die Abweichung erreicht nur kleine Beträge (meist unter 10%). Den schärfsten Gegensatz dazu zeigt die Observatoriumswiese, die mit einer außerordentlich ausgeglichenen Kurve die geringste Luftfeuchtigkeit aufweist, bei der die Werte von 8 bis 15 Uhr unter 50% bleiben. Das Rhodoretum des Höhweges schließt sich am nächsten an die Parkwiese an; doch ist die relative Luftfeuchtigkeit am Rhodoretumstandort höher, meist um 10 bis 15%. In den beiden Elynetumstationen finden wir starke Schwankungen, die zum Teil gegensätzlicher Art sind, so um 8 und 9 Uhr und im späten Nachmittag. Wir haben hier jedenfalls die Reaktion auf die lokalen Wechsel in der Bewölkung und in der Nebelbildung vor uns, die in Davos kaum in Erscheinung tritt, im Höhweg nur schwach (z. B. 14 Uhr) bemerkbar wird, in den beiden Elynetumstationen dagegen zu scharfen Ausschlägen führt. Auf der Weißfluh ist auch bemerkenswert, wie am Abend, als die Aufhellung erfolgt und die Windstärke zunimmt, die Luftfeuchtigkeit wieder beträchtlich fällt. Im Dorftäli und im Höhweg tritt trotz der Aufhellung diese Abnahme der Luftfeuchtigkeit nicht ein, wohl infolge der schwachen Luftbewegung.

Im Jahre 1937 machte die Luftfeuchtigkeit den gleichen Tagesgang, nur trat der nachmittägige Anstieg wegen der Gewitterbildung bedeutend früher ein. Die stärksten Schwankungen wies auch im Jahre 1937 die Station Weißfluh auf. Sie erreichte damals im frühern Vormittag weitaus die tiefsten Werte, die ungefähr den diesjährigen Minimalwerten der Observatoriumswiese entsprechen, während die Parkwiese in Davos eine verhältnismäßig hohe Luftfeuchtigkeit aufwies und sich näher an das Piceetum anschloß. Der relative und absolute Unterschied der beiden Davoser Wiesen mag darin begründet sein, daß die Parkwiese ringsum von hohem Baumwuchs umgeben ist und einen tonigen Boden aufweist.

Verdunstungsmessungen. Die Gesamtmenge des verdunsteten Wassers ist in Tabelle 5 zusammengestellt. Sie erreicht für die weißen Kugeln den Höchstwert in Davos-Wiese, für die schwar-



zen Kugeln im Höheweg und nimmt in den hochgelegenen Stationen etwas ab. Im Fichtenwald ist sie um mehr als die Hälfte kleiner als auf der benachbarten Wiese.

Tabelle 5. Zusammenstellung der Gesamtsummen verdunsteten Wassers der Atmometer von 5–20 Uhr.

Station	weiße Kugel cm <sup>3</sup>	schwarze Kugel cm <sup>3</sup>
Piceetum, Davos . . . . .	5,2	—
Wiese, Davos . . . . .	11,0	22,2
Rhodoretum, Höheweg . . . . .	9,5	22,6
Elynetum, Dorftäli . . . . .	9,5	—
Elynetum, Weißfluh . . . . .	9,1	18,7

Die Verdunstung der weißen Atmometerkugeln (Abb. 8) ist im Fichtenwald gering (nicht über 0,8 cm<sup>3</sup> pro Stunde), erreicht in der Observatoriumswiese bis 1,4 cm<sup>3</sup> pro Stunde, im Rhodoretum des Höheweges im Maximum 1,8 cm<sup>3</sup> pro Stunde und fällt in den Elynetumstationen wieder etwas ab (Dorftäli Maximum 1,4 und Weißfluh 1,3 cm<sup>3</sup> pro Stunde). Im Fichtenwald erfolgt der Anstieg von den geringen nächtlichen Werten zwischen 8 und 9 Uhr, parallel der Abnahme der relativen Luftfeuchtigkeit und von da an langsam, um zwischen 13 und 14 Uhr den Höchstwert zu erreichen. Die Werte des Spätnachmittags sind wieder gering. Auf der Observatoriumswiese ist der Anstieg mehr gleichförmig, von 6 Uhr an bis um 16 Uhr; doch treten zwischen 11 bis 12 Uhr und 14 bis 15 Uhr scharfe Rückschläge auf, denen auch eine Zunahme der relativen Luftfeuchtigkeit entspricht. Nach 16 Uhr findet eine Abnahme statt, die bis auf Null hinuntergeht. Eine leichte Erholung tritt zwischen 19 und 20 Uhr

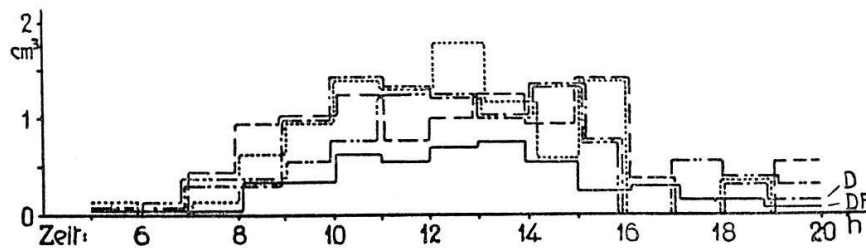


Abb. 8

Mikroklimatisches Höhenprofil Davos-Weißfluh. Verdunstungswerte der weißen Atmometerkugeln. Erklärung der Zeichen s. Abb. 7.



ein. Die Atmometerverdunstung vom Höweg stimmt in den wesentlichen Zügen mit der der Observatoriumswiese überein. Doch tritt die stärkste Verdunstung früher ein (12-13 Uhr, gegen 15-16 Uhr), und schon von 16 Uhr an wurde keine Verdunstung mehr registriert. Das kommt davon her, daß die Verdunstungskugel des Bürettenapparates bei dem kräftigen Niederschlag Regenwasser absorbierte und deshalb vorübergehend sogar eine Wasserzunahme aufwies.

Die Verdunstungskurven der Dorftälstation und der Weißfluhstation gehen unter sich in den großen Zügen parallel, weichen aber von den Stationen tieferer Lage wesentlich ab, namentlich indem sie von 13 bis 16 Uhr gerade den entgegengesetzten Verdunstungsgang aufweisen. Die Ursache dafür muß in der lokalen Kombination von Himmelsbedeckung, Windbewegung und relativer Luftfeuchtigkeit liegen, läßt sich aber im einzelnen kaum begründen. Nach den Regengüssen tritt die Erholung der Verdunstungsgröße in den Höhenstationen, namentlich auf der Weißfluh, rascher und vollständiger ein als in den tiefer gelegenen Stationen, wohl vor allem als Folge der rascheren Aufhellung und der stärkeren Windbewegung.

Die Verdunstungsgrößen der schwarzen Atmometerkugeln (Abb. 9) sind in den Maximalwerten, die zwischen 11 und 12 Uhr erreicht werden, rund doppelt so groß wie die der weißen Kugeln, und für die drei Stationen ungefähr gleich groß, worin sie mit den Schwarzkugelthermometern übereinstimmen. Dagegen ist die Zahl der Stunden mit großen Verdunstungswerten auf der Weißfluh bedeutend kleiner als bei den tiefer gelegenen Stationen. Der vormit-

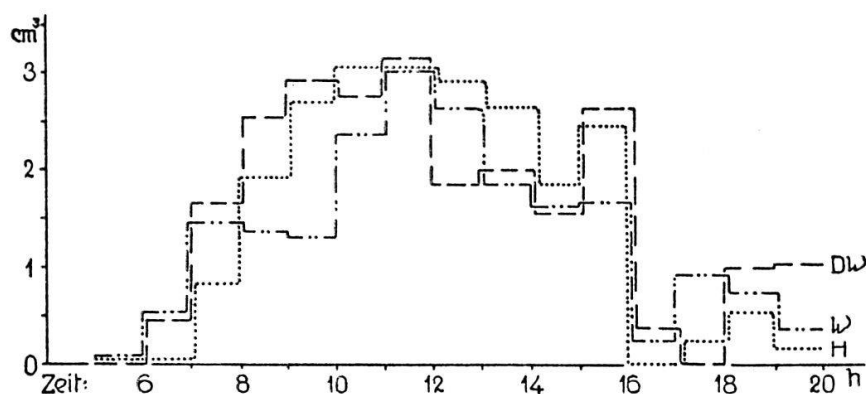


Abb. 9

Mikroklimatisches Höhenprofil Davos-Weißfluh. Verdunstungswerte der schwarzen Atmometerkugeln. Erklärung der Zeichen s. Abb. 7.

tägige Anstieg erfährt auf der Weißfluh infolge der Nebelbildung eine Hemmung von 8 bis 10 Uhr. Der Kurvenabfall erfolgt am frühesten in Davos (12–13 Uhr), etwas verzögert in Weißfluh (12–14 Uhr), und am spätesten im Höheweg (14–15 Uhr). Der kräftige Anstieg, den die Kurve von 15 bis 16 Uhr in Davos und Höheweg zeigt, ist auf der Weißfluh nur angedeutet. Nach dem Regen nimmt die Verdunstung der schwarzen Atmometer rascher und stärker wieder zu als die der weißen Kugeln, trotz der fehlenden Sonnenstrahlung. Wie das Schwarzkugelthermometer, wird die schwarze Verdunstungskugel auch von der diffusen Strahlung wesentlich beeinflusst.

Im Vergleiche zum Vorjahr sind im Jahre 1938 die Verdunstungswerte der weißen und schwarzen Kugeln bedeutend geringer, trotz der höheren Temperaturwerte, der länger dauernden Tagesperiode mit niedriger Luftfeuchtigkeit und der längeren Sonnenscheindauer. Die uns zur Verfügung stehenden meteorologischen Daten geben trotz ihrer relativen Reichhaltigkeit keine genügende Erklärung dafür, wie sich auch gewisse Einzelheiten und Verschiedenheiten der Verdunstungskurven (z. B. der Anstieg zwischen 15 und 16 Uhr) nicht aus der Kombination der meteorologischen Faktoren begreifen lassen.

Da die Verdunstungsmessungen mit dem Piche-Atmometer verhältnismäßig viele Abweichungen ergaben, deren Ursache zum großen Teil nicht erklärt werden kann, haben wir auf ihre Darstellung und Auswertung verzichtet.

Zusammenfassung. Als Fortsetzung früherer Untersuchungen wurden am 27. VII. 1938 in einem Höhenprofil von Davos-Platz auf die Weißfluh weitere mikroklimatische Untersuchungen ausgeführt. Die fünf Stationen lagen in 1600 m (2 Stationen), 2140 m, 2535 m und 2740 m Meereshöhe, und die Messungen bezogen sich auf die Himmelsbedeckung, die Lichtstärke, die Windstärke, die Temperaturen im Boden, an der Bodenoberfläche und in der freien Luft, die relative Luftfeuchtigkeit und die Verdunstungsgröße der Atmometerkugel. Die Ergebnisse stimmen in den Hauptzügen mit den im Vorjahre im gleichen Höhenprofil erhaltenen Werten überein bei individueller Gestaltung durch die besonderen meteorologischen Bedingungen des Beobachtungstages.