

Mikroklimatische Untersuchungen an einem Vegetationsprofil in den Alpen von Davos II

Autor(en): **Lüdi, Werner**

Objekttyp: **Article**

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

Band (Jahr): - **(1937)**

PDF erstellt am: **27.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-377458>

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 II

Von *Werner Lüdi*, Zollikon/Zürich.

Der zweite Kurs in alpiner Botanik, der vom Geobotanischen Forschungsinstitut Rübel im Juli 1937 in Davos abgehalten wurde, bot wiederum die Gelegenheit, ein mikroklimatisches Höhenprofil aufzunehmen. Die Ausführung erfolgte nach den gleichen Grundsätzen wie im Sommer 1936¹⁾; doch wurden die Stationen an den Südosthang, der sich von Davos gegen die Weißfluh zieht, verlegt. Die Apparaturen stellten wir in vier Stationen auf, die in den verschiedenen Höhenstufen lagen, und zwar soweit als möglich in den Klimaxgesellschaften der betreffenden Höhenstufe, ausgehend von der Annahme, daß dort die lokalklimatischen Einflüsse gegenüber den allgemein klimatischen möglichst stark zurücktreten.

Die erste Station wurde in der Piceetumstufe eingerichtet, in einem Piceawäldchen, das im großen Parke des Parkhotels liegt, am Südosthang mit lokaler Nordostexposition von ca. 25 Grad Neigung, in 1600 m Meereshöhe. Der Bestand ist dicht geschlossen, von mittlerem Alter. Die Bodenvegetation ist sehr offen, so daß die Instrumente im wesentlichen auf dem bloßen Boden ruhten (vgl. Taf. 3 Abb. 1).

Eine zweite Station wurde in unmittelbarer Nachbarschaft der ersten auf offenem Wiesengelände angebracht, etwa 30 Meter vom Walde entfernt, aber nach allen Seiten von Baumbeständen geschützt. Hier war der Hang flach gegen Südosten geneigt (ca. 10 Grad). Der Rasen war kurz geschnitten (geheut).

¹⁾ Vgl. die Zusammenfassung im Bericht über das Geobotanische Forschungsinstitut Rübel in Zürich für das Jahr 1936 1937 (36–60, 9 Abb., 2 Taf.).

Die dritte Station errichteten wir in der Rhodoretum-Stufe, in einem kleinen Rhodoreto-Vaccinietumbestande nahe dem Höhenweg, am Südosthange mit ziemlich flacher Lokalexposition (2140 m).

Als Standort der vierten Station bestimmten wir das Gipfelgebiet der Weißfluh, das in der Curvuletum-Stufe liegt. Da sich an diesem Kalkgipfel keine Curvuleta finden, so suchten wir die in der Sukzessionsreihe gegen das Curvuletum möglichst weit vorgeschrittene Vegetation auf, die hier durch das Elynetum myosuroidis gebildet wird. In dem höchstgelegenen Elynetum, auf einer kleinen, flachen, gegen Süden exponierten Felsterrasse in 2740 m Höhe, legten wir die Station an, und zwar in den randwärts gelegenen Teilen der etwa drei bis vier Meter breiten Terrasse (vgl. Taf. 3 Abb. 2).

Die Stationen wurden am Vorabend eingerichtet und die Messungen am 30. Juli von 5 bis 20 Uhr mit stündlichen Abständen ausgeführt. Infolge eines heftigen Gewitters, das um 15 Uhr ausbrach, mußten die Beobachtungen der Station Weißfluh vorzeitig eingestellt werden.

Zur Messung gelangten folgende meteorologischen Werte: Temperaturen in 40 cm Bodentiefe (nur Stationen 1 und 2), 10 cm Bodentiefe, 2 cm Bodentiefe mit Erdbodenthermometern; Temperaturen auf der Bodenoberfläche und 50 cm über dem Boden mit Sixthermometern; die relative Luftfeuchtigkeit 50 cm über dem Boden mit Haarhygrometern; die Windstärke mit dem Anemometer; die Verdunstungskraft der Luft mit dem Livingston'schen Atmometer in der Bürettenmontierung, die Ablesung auf $1/10 \text{ cm}^3$ genau ermöglicht, 50 cm über dem Boden und mit Piche-Atmometer auf Büretten montiert 30 cm und 2 cm über dem Boden; die Lichtstärke mit dem Photometer von Eder-Hecht in der Verbesserung durch Dorno und Mörikofer. In der Station 4 waren außerdem ein Schwarzkugel-Thermometer und ein Atmometer mit schwarzer Kugel aufgestellt.

Die Apparate waren der Besonnung frei ausgesetzt; doch wurden die Haare der Hygrometer vor direkter Besonnung geschützt. Die Thermometer der Bodenoberfläche und die Piche-Atmometer in 2 cm Bodenhöhe wurden mehr oder weniger von der Vegetation beschattet. Im Rhodoreto-Vaccinietum befanden sich das Livingston-Atmometer und das 30 cm-Piche-Atmometer unmittelbar über der Oberfläche des Zwerggesträuchs. In diesem Bestande war auch das Photometer etwas in das Zwerggesträuch eingesenkt, so daß es nur das Oberlicht erhielt.

Als Ganzes genommen ist die Einwirkung der Vegetation auf die Instrumente, die sich in Beschattung und in der Hemmung der Luftzirkulation geltend macht, sehr stark und allgemein im Piceetum bedeutend bei den im Innern des Bestandes liegenden Instrumenten

des Rhodoreto-Vaccinietums, unbedeutend bei den übrigen Instrumenten dieses Bestandes und im Elynetum und auf der Parkwiese, am schwächsten wohl in der Wiese, wo aber die Bäume der weiteren Umgebung die Windwirkung hemmten.

Allgemeiner Witterungscharakter¹⁾. Der Vortag war ein heller, strahlender und warmer Tag. Am Beobachtungstag zeigten sich bereits am frühen Morgen vereinzelt Wolken. Die Taubildung war stark auf der Weißfluh, von mittlerer Stärke in Davos, wo mit der Leick'schen Tauplatte in der Fichtenwaldstation 0,45 g, auf der Parkwiese 0,6 g Tauniederschlag festgestellt wurde. Schon früh am Morgen zeigten sich große Teile des Himmels leicht verschleiert. Die Sonne erschien in Davos um 6 Uhr, bei der Station Höhenweg um 5 Uhr 55, auf der Weißfluh um 5 Uhr 45 (hinter Wolkenbänken). Für die Zeit von 5 bis 6 Uhr verzeichnet die meteorologische Station Davos eine Sonnenscheindauer von 52 Minuten. Die Bewölkung nahm rasch zu. Um 8 Uhr meldet die meteorologische Station Davos $\frac{9}{10}$ Himmelsbedeckung. Die Schätzungen unserer Beobachter sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt und geben im ganzen wohl

Schätzung der Himmelsbedeckung in Prozenten für die verschiedenen Beobachtungsstationen (die eingeklammerten Werte sind aus den in Worten gehaltenen Angaben interpretiert) für den 30.VII.1937

Tagesstunde	Station Davos	Station Höhenweg	Station Weißfluh
5	30	40	60
6	50	80	70
7	30	(50)	50
8	80	(70)	70
9	50	(60)	75
10	60	(70)	75
11	90	(90)	85
12	40	(50)	75
13	35	(50)	70
14	90	80	90
15	100	100	100
16	100	100	
17	100	100	
18	100	100	
19	(-80)	90	
20	10	40	

¹⁾ Dem Physikalisch-Meteorologischen Observatorium Davos danken wir für die Überlassung meteorologischer Daten des betreffenden Tages.

ein richtiges Bild von der Verteilung der Bewölkung, das kaum um mehr als 10% Fehler enthalten dürfte.

Während des Vormittags blieb die Bewölkung stark wechselnd und war auch infolge des Wolkenzuges für die verschiedenen Stationen etwas ungleich. Um 11 Uhr trat ein Bewölkungsmaximum ein und um 11 Uhr 35 resp. 11 Uhr 40 melden die Stationen Weißfluh, resp. Höheweg, einige Regentropfen. Nach mittag hellte der Himmel wieder auf; aber nur für kurze Zeit. Um 14 Uhr zog sich ein Gewitter zusammen, das gegen 15 Uhr losbrach und mit großer Heftigkeit über das Gebirge zog. In Davos trat es nur schwach in Erscheinung und brachte 1,1 mm Niederschlag. Auch auf den Höhenstationen ging der Sturm bald vorbei; es folgten aber weitere Regenschauer bis gegen 17 Uhr. Die Weißfluh war in Wolken gehüllt. Um 19 Uhr begann es aufzuheitern, und um 21½ Uhr meldet die meteorologische Station Davos völlig heiteren Himmel.

Die Gewitterbildung störte natürlich die normale Abwicklung der von uns gemessenen meteorologischen Faktoren, so daß keine typischen Kurvenbilder entstanden. Es ist aber auch von Interesse, solche gestörten Verhältnisse genauer zu betrachten. Wir wollen im folgenden die einzelnen der untersuchten Faktoren für die verschiedenen Stationen miteinander vergleichen.

Lichtmessungen. Die Graukeilphotometer waren horizontal ausgelegt. Das Instrument im Fichtenwald erhielt während der ganzen Zeit nur gedämpftes und diffuses Licht; die übrigen waren der Sonne frei ausgesetzt. Das Fixieren der Streifen wurde genau nach der von Dr. W. Mörikofer im Jahre 1934 herausgegebenen Anweisung ausgeführt. Es ergaben sich folgende Lichtstärken:

Davos im Piceetum	4 Einheiten
Davos auf der Parkwiese	220 „
Höheweg im Rhodoreto-Vaccinietum	776 „
Weißfluh im Elynetum	855 „

Eine beträchtliche Zunahme der Lichtstärke mit der Höhe war zu erwarten. Immerhin erscheint der Wert für die Weißfluh sehr hoch, da dort die Messungen nur bis um 15 Uhr durchgeführt werden konnten. Wahrscheinlich fand dort eine Verstärkung der Strahlung durch die Reflexion von den hellen Kalkfelsen der Umgebung statt.

Die Windstärke. Die meteorologische Station Davos gibt früh morgens eine sehr geringe Windstärke an (0,6 m pro Minute im Stundenmittel). Während des Vormittags erfolgt ein langsamer Anstieg, der sich gegen Mittag beschleunigt und zu ziemlich hohen Werten führt: 10 bis 11 Uhr = 3,2 m, 11 bis 12 Uhr 7,2 m. Diese hohen Werte halten bis 5 Uhr an und erreichen zwischen 14 und 15 Uhr mit 9,8 m den Maximalwert. Gegen 17 Uhr tritt ein Abfall ein; aber noch zwischen 19 bis 20 Uhr wird der beträchtliche Wert von 4,4 m registriert. Dieser Tagesverlauf der Windstärke ist der eines Tages mit sehr kräftigem Talwinde.

Unsere Stationen verhalten sich wesentlich anders. Im Fichtenwalde ist die Windbewegung kaum zu spüren. Sie wird nur zwischen 10 und 11 Uhr mit 0,2 m merkbar. Auch die Parkwiese bleibt weit hinter den Werten des Observatoriums zurück: sie erreicht zwischen 11 und 12 Uhr mit 1 m pro Sekunde den Höchstwert und fällt dann wieder auf etwa $\frac{1}{2}$ m ab. Die Einwirkung der schützenden Bäume ist sehr stark, trotz der beträchtlichen Entfernung. Auf Weißfluh fehlt der Talwind, und die Windbewegung blieb in dieser Höhe ebenfalls verhältnismäßig gering. Sie erreichte morgens zwischen 5 und 6 Uhr 1 m, war also höher als in Davos; im Maximum zwischen 12 und 14 Uhr betrug sie nicht ganz 3 m und nahm zwischen 14 und 15 Uhr etwas ab. Das Gewitter war von heftigen Windstößen begleitet, die aber in den Messungen, die um 15 Uhr abgebrochen werden mußten, noch nicht zum Ausdrucke kommen.

Temperaturmessungen. Die Kurve der Lufttemperaturmessungen des Observatoriums Davos ist in der Abb. 2 eingetragen.

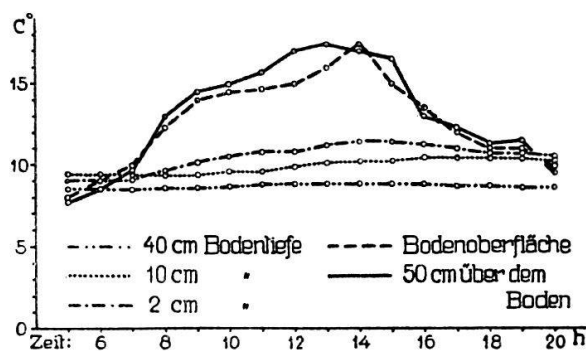


Abb. 1

Mikroklimatisches Höhenprofil Davos-Weißfluh. Temperaturwerte von Station I, *Piceetum excelsae* in Davos (1600 m).

Sie beginnt von 5–6 Uhr mit einem Mittelwerte von 7° , steigt zuerst rasch und dann langsam an, bleibt von 10 Uhr an mit 16° stabil, erreicht 13–14 Uhr einen kleinen Maximalwert von 17° , um daraufhin langsam und gleichmäßig abzufallen, bis auf 10° um 19–20 Uhr.

Dieser Kurve kommen in ihrem Verlaufe und in ihren Werten die Fichtenwaldkurven am nächsten (s. Abb. 1), insbesondere die des 50 cm über dem Boden hängenden Thermometers. Die Lufttemperatur steigt im Maximum dort etwas höher an ($17,5^{\circ}$), was dem Fehlen des Windes zuzuschreiben ist. Die Temperatur der Bodenoberfläche bleibt im Kurvenanstieg etwas hinter der Lufttemperatur zurück, erreicht aber etwas verspätet (14 Uhr) das gleiche Maximum und folgt im Abfall eng der Lufttemperatur. Die Bodentemperaturen zeigen im Laufe des Tages nur eine geringe Veränderung mit einem verspäteten Maximum. Ihre Minimalwerte stehen höher als die der freien Luft, die Maximalwerte bedeutend tiefer. Die Schwankung zwischen den Extremwerten beträgt in 40 cm Bodentiefe $0,3^{\circ}$, in 10 cm Bodentiefe $1,0^{\circ}$, in 2 cm Bodentiefe $2,4^{\circ}$, auf der Bodenoberfläche $9,5^{\circ}$, in 50 cm über dem Boden ebensoviel. Bei den beiden der freien Luft ausgesetzten Thermometern kommt auch hier im Walde die Zunahme

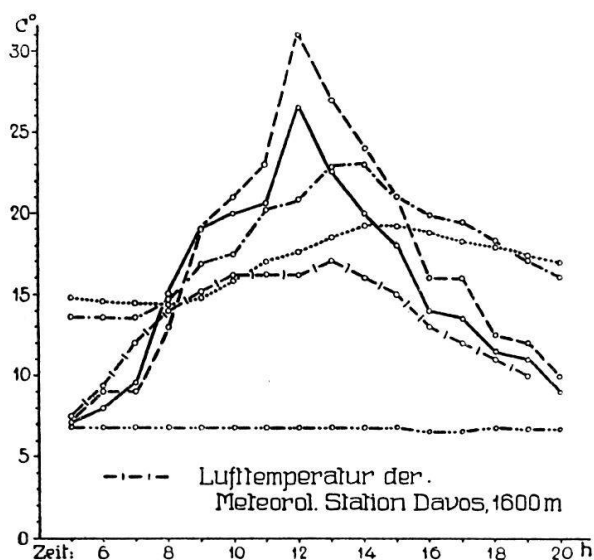


Abb. 2

Mikroklimatisches Höhenprofil Davos-Weißfluh. Temperaturwerte von Station II, Parkwiese in Davos (1600 m). Erklärung der Zeichen s. Abb. 1. Eingetragen ist ferner die Kurve der Lufttemperaturen im Phys.-Met. Observatorium Davos (stündliche Mittelwerte der dem Stundenpunkt folgenden Stunde).

der Bewölkung im Laufe des Vormittags durch eine kleine Einbuchtung sehr deutlich zum Ausdrucke.

In den drei anderen Stationen sind die Thermometer der Sonnenstrahlung frei zugänglich und erliegen außerdem der Windwirkung. Das hat zur Folge, daß wir viel stärkere Schwankungen treffen.

In der Parkwiese (s. Abb. 2) sind die Temperaturkurven ziemlich ausgeglichen und regelmäßig, zeigen aber einen starken Anstieg zum Maximum, das sich 50 cm über dem Boden bis auf 26,5° erhebt. Die Bodenoberfläche erwärmt sich hier bedeutend stärker, bis auf 31°. Auch der Anstieg der Temperaturen in 2 und 10 cm Bodentiefe ist sehr ausgeprägt mit einem Maximum von 23° resp. 19,5°. Die nächtliche Minimaltemperatur des Bodens liegt wesentlich höher als die der Luft (13,5° in 2 cm Bodentiefe, 14,5° in 10 cm Bodentiefe). Sie tritt erst im frühen Vormittag ein (10 cm Bodentiefe um 8 Uhr). Die Temperatur in 40 cm Bodentiefe dagegen zeigt nur eine ganz unbedeutende Schwankung (0,2°). Die maximalen Temperaturwerte der Luft werden um 12 Uhr erreicht; die des Bodens treten später ein (14 resp. 14–15 Uhr). Das Gewitter ruft einen verfrühten Abfall der Bodentemperaturen hervor, der sich bis in 40 cm Tiefe geltend macht, wo um 16 und 17 Uhr die niedrigsten Temperaturwerte gemessen werden.

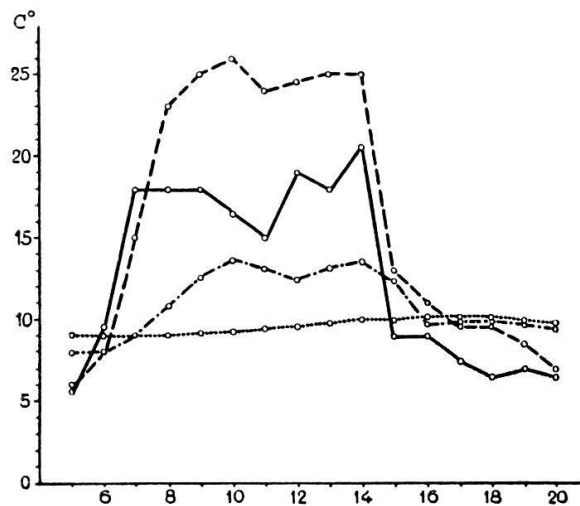


Abb. 3

Mikroklimatisches Höhenprofil Davos-Weißfluh. Temperaturwerte von Station III, Rhodoreto-Vaccinietum am Höheweg (2140 m). Erklärung der Zeichen s. Abb. 1.

Das Bild dieser Reihe von Temperaturkurven wird beherrscht von der hochverlaufenden und gegen den Nachmittag ansteigenden Durchschneidung der Lufttemperaturen durch die Bodentemperaturen.

Höheweg (s. Abb. 3). Die Temperaturen der Luft steigen am Morgen steil an, wobei die Temperatur der Bodenoberfläche trotz der Beschattung durch das Zwerggesträuch sehr bedeutend über die in 50 cm Höhe ansteigt. Die zunehmende Bewölkung äußert sich in einer ausgesprochenen Köpfung der Kurvenmaxima. So erreicht die 50 cm-Kurve bereits um 7 Uhr einen Maximalwert und fällt um 10 und 11 Uhr sogar wieder zurück, um erst zwischen 12 und 14 Uhr etwas anzusteigen (Maximum $20,5^{\circ}$). Die Kurve der Bodenoberfläche steigt bis um 10 Uhr an und erreicht damit das Tagesmaximum (26°). Wie die 50 cm-Kurve fällt sie um 11 Uhr auf ein mittägliches Minimum. Mit dem Einbruche des Gewitters fallen beide Kurven steil ab, von da an bis 20 Uhr nur noch langsam, wobei sie sich den morgendlichen Ausgangswerten bis auf 1° nähern.

In gemildertem Maße zeigt auch die Kurve von 2 cm Bodentiefe den gleichen Verlauf. Nur tritt die mittägliche Kurveneinsenkung um eine Stunde später ein. In 10 cm Bodentiefe steigt die Temperatur im Laufe des Tages nur um $1,2^{\circ}$ an, erreicht das Maximum um 16 Uhr ($10,2^{\circ}$) und fällt bis um 20 Uhr nur um $0,3^{\circ}$ ab. Bewölkung und Regen brachten hier keine Abnahme der bereits geringen Bodentemperatur, verhinderten aber doch ein stärkeres Ansteigen derselben, das bei hellem Himmel zu erwarten gewesen wäre.

Weißfluh (s. Abb. 4). Die Lufttemperaturen nehmen am Morgen den normalen starken Anstieg, der bereits im frühen Vormittag zum Stillstand kommt. Um 9 Uhr erreicht die 50 cm-Kurve ihren ersten Gipfel, um 10 Uhr die Kurve der Bodenoberfläche. Beide Kurven zeigen weitere Maximalwerte um 12 und 14 Uhr, die aber 50 cm über dem Boden nur den Wert von 9 Uhr erreichen (14°), während sie für die Bodenoberfläche höher stehen und um 14 Uhr mit $30,5^{\circ}$ das Maximum aufweisen. Gegen den Augenblick des Gewitterausbruches hin tritt ein starker Abfall ein. Auffallend ist der sehr tiefe Minimalstand der Temperatur der Bodenoberfläche mit $-1,5^{\circ}$ um 5 Uhr (Minimum der Nacht $-2,5^{\circ}$).

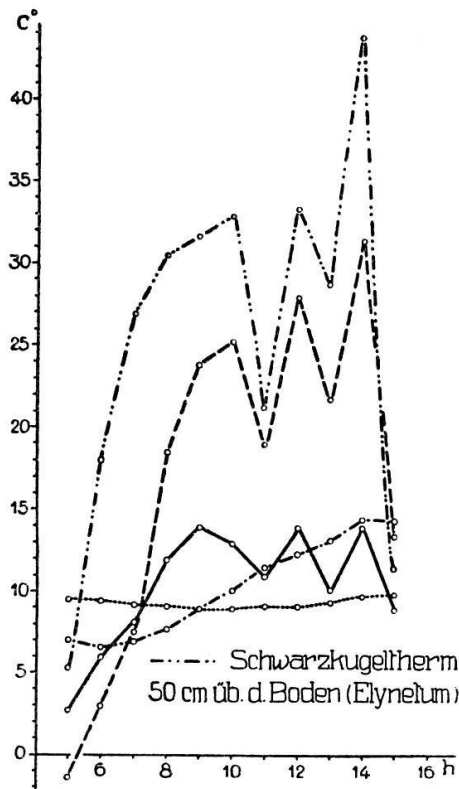


Abb. 4

Mikroklimatisches Höhenprofil Davos-Weißfluh. Temperaturwerte von Station IV, Elynetum myosuroidis auf der Weißfluh (2740 m). Erklärung der Zeichen s. Abb. 1.

Das Schwarzkugelthermometer macht in vollkommener Weise den Temperaturgang der Bodenoberfläche mit, nur sind die Werte wesentlich höher. Das Maximum um 14 Uhr beträgt $43,8^{\circ}$.

Die Kurve der Temperatur in 2 cm Bodentiefe beginnt mit einem verhältnismäßig hohen Werte (7°), sinkt von 5–6 Uhr noch um einen halben Grad ab und steigt dann langsam aber stetig an, so daß sie um 11 Uhr und wieder von 13 Uhr an die 50 cm-Kurve, von der sie am Morgen geschnitten wurde, wieder übergipfelt. Sie erreicht das Maximum mit $14,4^{\circ}$ um 14 Uhr und fällt bis zum Abbruche der Messungen um $0,1^{\circ}$. In 10 cm Bodentiefe zeigen sich nur sehr geringe Temperaturveränderungen. Die Morgentemperatur ist mit $9,5^{\circ}$ verhältnismäßig hoch. Sie fällt vorerst noch ein wenig und erreicht zwischen 9 und 10 Uhr den Minimalwert mit 9° , um dann bis 15 Uhr auf $9,9^{\circ}$ anzusteigen.

Vergleich der Temperaturkurven der verschiedenen Stationen. In 40 cm Bodentiefe stimmt der Kurvenverlauf bei

beiden Stationen im wesentlichen überein: die Temperaturen bleiben während des Beobachtungstages beinahe unverändert. Doch liegt die Temperatur im Walde beinahe 2° höher und weist einen kleinen Anstieg von $0,3^{\circ}$ vom Morgen bis zum Mittag auf, der auf der Wiese nicht beobachtet wurde. Die Temperaturkurven für 10 cm Bodentiefe verlaufen für die drei in natürlicher Vegetation liegenden Stationen in außerordentlichem Maße parallel und in gleicher Höhe, meist nicht einmal 1° auseinander. Höhweg liegt durchweg um etwa $0,5^{\circ}$ unter Davos-Fichtenwald; Weißfluh steht um 5 Uhr $0,1^{\circ}$ höher als Davos, wird aber, da hier das Minimum sehr verspätet eintritt, von den beiden andern Kurven geschnitten und steigt dann bis zum Zeitpunkte des Abbruches der Messungen wieder gleichmäßig an. In scharfem Gegensatze zu diesen drei Stationen steht die Parkwiese in Davos. Ihr Anfangswert ist um volle 5° höher und der gegen Mittag erfolgende Anstieg bedeutend stärker, so daß die maximalen Werte um etwa 9° höher sind. In 2 cm Bodentiefe herrschen ähnliche Verhältnisse: Piceetum-Rhodoretum- und Elynetum-Kurve liegen benachbart, während die Parkwiesenkurve weit über ihnen verläuft. Allerdings ist die Übereinstimmung der drei erstgenannten Kurven nicht mehr so groß wie in 10 cm Bodentiefe. Die Piceetum-Kurve weist die geringste Schwankung auf und wird, trotz des höchsten

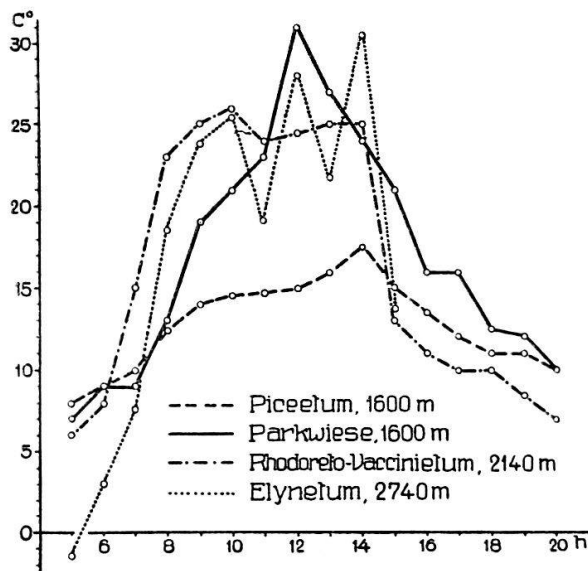


Abb. 5

Mikroklimatisches Höhenprofil Davos-Weißfluh. Temperaturen an der Bodenoberfläche.

Morgenwertes, im Laufe des Tages von den beiden andern Kurven überholt, zuerst von der Rhodoretumkurve, dann von der Elynetumkurve, letzteres in einem Zeitpunkte, da die Rhodoretumkurve bereits ihr Maximum hinter sich hat. Im Laufe des Nachmittags fällt die Rhodoretumkurve auch unter die Piceetumkurve zurück.

Ein gänzlich verändertes Bild bieten die Temperaturen der Bodenoberfläche (s. Abb. 5). Sie verlaufen alle wesentlich höher als die Bodentemperaturen, trotzdem sie ihren Ausgang von einem tieferen Morgenwert nehmen, und diesmal ist es die Piceetumkurve, die sich durch ihren ruhigen Verlauf und die bedeutend niedrigeren Werte zwischen 9 und 14 Uhr von den drei übrigen ausgeprägt distanziert. Nächst ihr weist die Kurve der Parkwiese den regelmäßigsten Verlauf auf, aber verbunden mit dem höchsten Maximalwerte, während das Elynetum der Weißfluh die stärksten Schwankungen zeigt. An einem klaren, windstillen Tage würde ohne Zweifel der Elynetumwert am höchsten gestiegen sein. Die Temperatur in 50 cm über dem Boden (s. Abb. 6) gibt für die einzelnen Kurven die gleichen Eigentümlich-

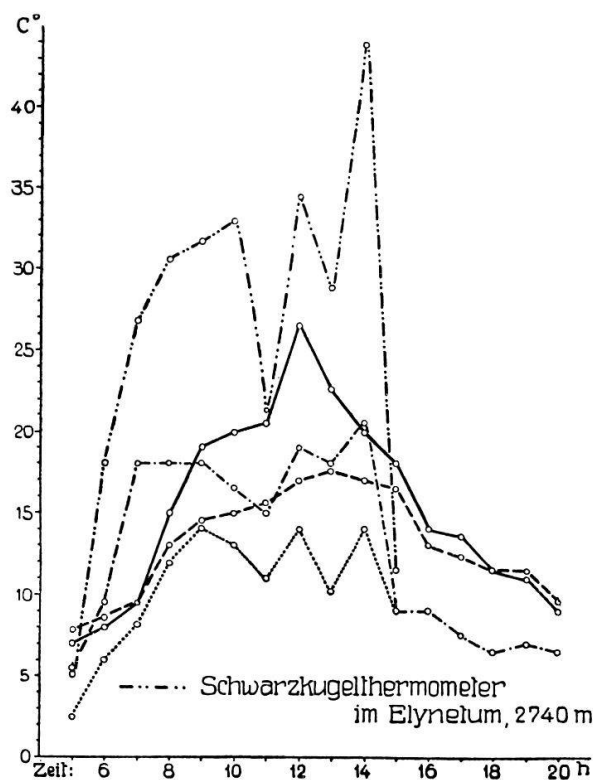


Abb. 6

Mikroklimatisches Höhenprofil Davos-Weißfluh. Temperaturen 50 cm über der Bodenoberfläche. Erklärung der Zeichen s. Abb. 5.

keiten wie an der Bodenoberfläche: starke Schwankungen der Höhenstationen, geringere Schwankungen mit starkem Maximumanstieg auf der Parkwiese und stärkste Ausgeglichenheit mit geringstem Anstieg im Piceetum. Die absoluten Temperaturwerte sind geringer geworden als auf der Bodenoberfläche, und insbesondere ist die Weißfluhkurve stark zurückgefallen, so daß sie während der ganzen Dauer der Beobachtung am tiefsten liegt.

Wenn wir diese Ergebnisse der Temperaturmessungen überblicken, so erkennen wir, daß der Beobachtungstag eine starke Beeinflussung des normalen Temperaturganges durch die Bewölkung und die Niederschläge aufweist. Der regelmäßige Verlauf der Kurven wird dadurch gestört. Diese Störung macht sich in den Tiefen des Bodens am wenigsten geltend und nimmt gegen die Bodenoberfläche hin und dann in stärkerem Maße an der offenen Luft zu. Die Talstationen werden von der ungünstigen Witterung weniger beeinflusst als die Höhenstationen, am schwächsten das Binnenklima des Fichtenwaldes. Die für die Höhenstationen zu erwartenden hohen Maximalwerte der Temperatur in der bodennahen Luftschicht und in den obersten Bodenhorizonten treten nur abgeschwächt in Erscheinung. Das Schwarzkugelthermometer dagegen, das die Strahlungswärme mißt und von der Erwärmung der Luft wenig abhängig ist, weist auf der Weißfluh doch noch hohe Werte auf, wiewohl auch hier die starken Schwankungen andeuten, daß die Maximalwerte noch höher sein könnten.

Es ist übrigens nicht außer acht zu lassen, daß wir bei den jeweils mit dem Stundenschlag erfolgenden Messungen die Höchstwerte nur dann erfassen, wenn sie zufällig in diesem Zeitpunkte eintreten. Bei stark wechselnder Bewölkung, wie am Vormittag des Beobachtungstages, würden die Kurven wesentlich andere Gestalt annehmen, wenn wir die innerhalb einer Stunde eingetretenen Höchstwerte oder Mindestwerte der Temperaturen darstellen wollten. Leider sind die Beobachtungen nicht vollständig genug, um dies zu ermöglichen. Für Davos und Höheweg steht immerhin fest, daß das Temperaturmaximum des Tages 50 cm über dem Boden nur wenig höher liegt als dasjenige unserer Kurven. Für die Temperatur der Bodenoberfläche aber ergeben sich wesentlich höhere Maximalwerte (Parkwiese 34°, Höheweg 33°). Auffallend ist der starke Gegensatz zwischen dem Fichtenwalde und der benachbarten Parkwiese in den absoluten

Werten und in der Art der Tagesschwankung, der so weit geht, daß in 10 cm und 2 cm Bodentiefe die Werte des Waldes viel näher denjenigen des 540 m höher gelegenen Rhodoreto-Vaccinietums und des 1140 m höher gelegenen Elynetums stehen als denen der Parkwiese. Die vom Wald über das Rhodoreto-Vaccinietum zum Elynetum abnehmende Beschattung des Bodens, verbunden mit der Zunahme der Strahlungsenergie, hebt in ihrer Einwirkung auf den Boden gerade die Abnahme der Lufttemperatur auf. Dieses Verhältnis dürfte allerdings nur für einen stark wolkigen Tag gelten, der die volle Auswirkung der Strahlung in der Höhe verhindert.

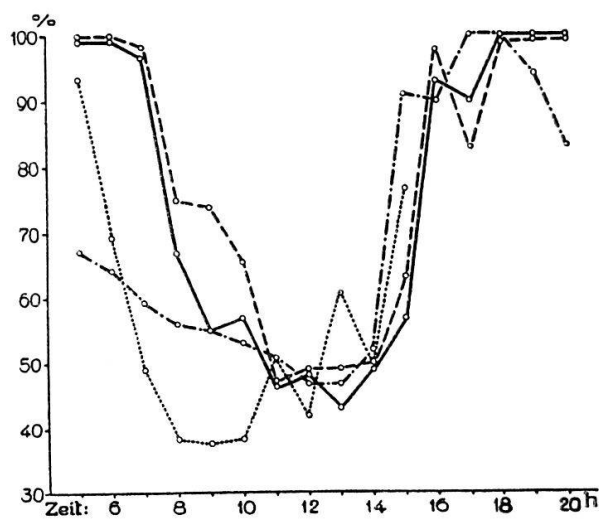


Abb. 7

Mikroklimatisches Höhenprofil Davos-Weißfluh. Gang der relativen Luftfeuchtigkeit. Erklärung der Zeichen s. Abb. 5.

Die relative Luftfeuchtigkeit weist für alle Stationen den gleichen Tagesgang auf (Abb. 7). Vom morgendlichen Höchstwerte fällt die Luftfeuchtigkeit etwas unregelmäßig bis zu einem Mindestwert zwischen 11 und 14 Uhr und steigt dann sehr rasch infolge des Regens zu einem neuen Maximum an, das zur vollständigen Sättigung führt. Auf der Weißfluh erfolgt der morgendliche Abfall am raschesten, und der Minimalwert wird bereits zwischen 8 und 10 Uhr erreicht. Diese Kurve weist auch die stärksten Schwankungen auf, die aber in schöner Weise den Schwankungen der Temperaturkurven der Bodenoberfläche und in 50 cm Bodenentfernung umgekehrt proportional gehen. Über dem Rhodoretum des Höhenweges ist die Luft-

feuchtigkeit des Morgens bedeutend geringer als in den übrigen Stationen, was erklärt, daß die Beobachter dort keinen Tau meldeten. Sie sinkt dann im Laufe des Vormittags langsam und gleichmäßig ab.

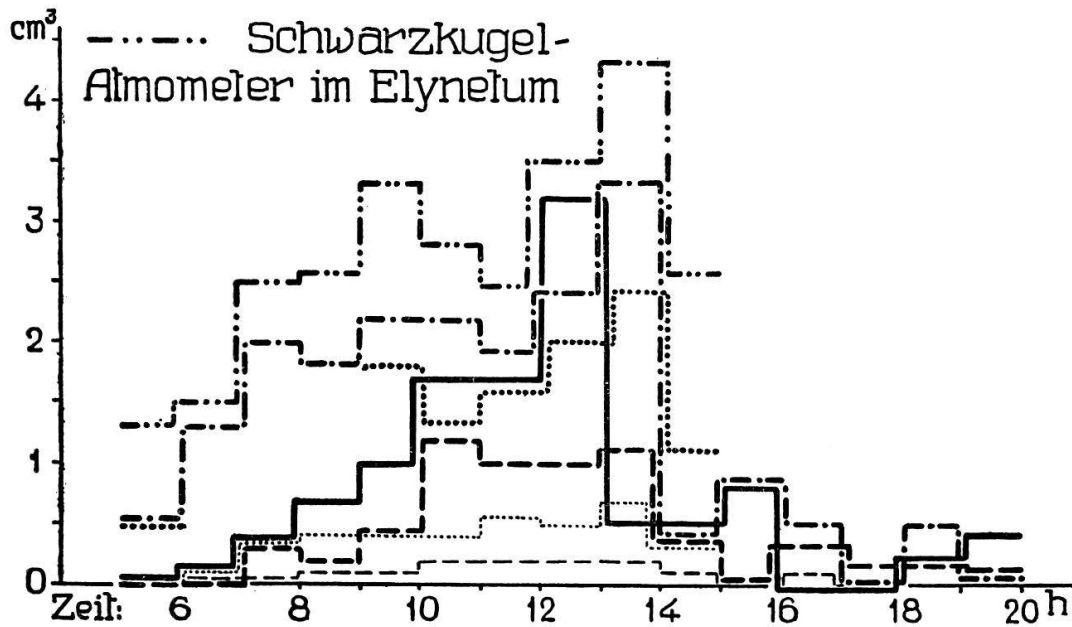


Abb. 8

Mikroklimatisches Höhenprofil Davos-Weißfluh. Gang der Atmometerverdunstung. Erklärung der Zeichen s. Abb. 5. Die dickeren Kurvenlinien bedeuten die Livingstonschen Atmometer, die beiden dünneren Linien die Piche-Atmometer im Piceetum und im Elynetum, 30 cm über dem Boden.

Die Ergebnisse der Wasserverdunstung mit den Atmometern von Livingston sind in der Abbildung 8 zusammengestellt und zwar wurden die beobachteten Ergebnisse auf den Standardzylinder reduziert. Wir erhalten hier nicht Augenblickswerte sondern die stündlichen Summen, die von der vorübergehenden Schwankung der Bewölkung weniger abhängig sind. Trotzdem geben die Kurven kein einheitliches Bild. Dies ist gut zu begreifen, wenn wir berücksichtigen, daß die Bewölkungsminima und -maxima für die verschiedenen Stationen zu ungleicher Zeit eintraten, daß sie sich auf Temperatur und Luftfeuchtigkeit in ungleicher Weise auswirkten und daß auch die Windgeschwindigkeit bei den einzelnen Stationen verschieden war. Diese Faktoren aber sind es, die miteinander die Verdunstungsgröße bestimmen. Infolgedessen ergibt die gestörte

Wetterlage ein entsprechend gestörtes Bild der Verdunstungsgröße. Die verschiedenen Maxima und Minima der Verdunstungswerte stimmen nur in sehr beschränktem Maße überein.

So treffen wir für die Parkwiese den regelmäßigen Anstieg zum Maximum, das hier zwischen 12 und 13 Uhr liegt und dann den scharfen Abstieg, der allerdings in der Verdunstungsgröße schon zwischen 13 und 14 Uhr eintritt und sich im Laufe des Nachmittags stärker differenziert als in den Temperaturwerten, weil er in den Zeiten des Regens oder der Wasserdampfsättigung der Luft jeweils auf den Nullpunkt sank. Bemerkenswert ist die Tatsache, daß in der Stunde des Hauptgewitters (15–16 Uhr) die Parkwiese, wie übrigens auch der Höweg, eine Steigerung der Verdunstungsgröße aufweist, während der Wert für den Fichtenwald auf Null herabsank. Die Ursache dürfte in der Windwirkung liegen, die nach dem ersten heftigen Regen die Verdunstung beförderte. Absolut genommen ist die Verdunstungsgröße im Fichtenwalde am geringsten. Auf der Weißfluh, wo sie im Laufe des Vormittags kräftig anstieg (infolge eines Apparatdefektes fehlen die Werte von 6–9 Uhr), bleibt sie vom späteren Vormittag an hinter dem Höweg und der Parkwiese zurück, was auch in der Entwicklung der Lufttemperatur eine Parallele findet. Weitaus die höchsten Werte ergibt das Schwarzkugelatomometer, das als Integrationsinstrument für die Wirkung der Sonnenstrahlung angesichts der geringen Windstärke wohl unter den verwendeten Apparaturen die Strahlungswirkung des Beobachtungstages für die Station Weißfluh am besten wiedergibt. Seine Angaben stimmen weitgehend mit denen des Schwarzkugelthermometers der gleichen Station überein (vgl. Abb. 4).

Dagegen bleiben die im Physikalisch-Meteorologischen Observatorium Davos beobachteten Wärmesummen der Sonnenstrahlung von 10–14 Uhr beinahe gleich hoch. Sie stehen somit im Widerspruch mit der Verdunstungskurve der Parkwiese, und da auch die Windstärke von 13–15 Uhr zunahm, beruht vielleicht der Verdunstungskurvenabfall, der dort um 14 Uhr festgestellt wurde, auf einer Fehlbeobachtung. Der Wert von 12–13 Uhr müßte in diesem Falle niedriger, der von 13–14 Uhr in gleichem Maße höher sein. Im übrigen ist mit den Wärmesummen in Grammkalorien pro Quadratcentimeter Horizontalfläche in den Hauptzügen des Kurvenverlaufes Übereinstimmung vorhanden.

Die Verdunstungsgröße der Piche-Atmometer wurde in jeder Station 2 cm und 30 cm über dem Boden beobachtet. Die Ergebnisse sind wesentlich brauchbarer als im Sommer 1936; aber auch diese Kurven weisen mancherlei Unausgeglichenheiten auf, die sich teilweise nicht erklären lassen. Wir haben in der Abbildung 8 die Kurven für den Fichtenwald und für die Weißfluh im gleichen Maßstabe wie die Atmometerkurven eingetragen, und es ergibt sich, daß die ermittelten Verdunstungsbeträge mehrmals kleiner sind als die der Livingston'schen Atmometer (da die letzteren eine Reduktion auf den Standardzylinder erfahren haben, so ist der Unterschied in Wirklichkeit noch bedeutend größer), der Apparat also verhältnismäßig wenig empfindlich ist.

Aus den Ergebnissen dieser Messungen möchten wir hervorheben, daß auch für die Piche-Atmometer die Verdunstungsgröße im Fichtenwalde am geringsten ist und hier in Bodennähe und 30 cm über dem Boden annähernd gleiche Beträge erreicht. In den übrigen Stationen ist die Verdunstung 30 cm über dem Boden jeweils höher als in der Bodennähe, und absolut genommen sind die Beträge in der Station Weißfluh am höchsten, im Gegensatz zu den Ergebnissen der Livingston'schen Atmometer, deren verdunstende Oberfläche allerdings etwas höher über dem Boden angebracht war.

Vergleich mit den Ergebnissen der Messungen im Jahre 1936. Es ist naheliegend, das mikroklimatische Höhenprofil, das wir am 27. Juli 1936 am Jakobshorn nach den gleichen Grundsätzen aufgenommen haben, mit unserem Weißfluhprofil zu vergleichen. Eine völlige Übereinstimmung wäre auch bei übereinstimmendem meteorologischem Charakter der beiden Beobachtungstage nicht zu erwarten, da das Jakobshornprofil am Westhange liegt, das Weißfluhprofil am Südosthang. Außerdem lagen nur die beiden Rhodoreto-Vaccinietumstationen in gleicher Meereshöhe, während die Piceetumstation am Jakobshorn 350 Meter höher lag (1950 m), und die mit der Elynetumstation zu vergleichenden Stationen auf dem Jakobshorn rund 200 Meter tiefer liegen (Gratstation, Avenetum versicoloris = 2560 m; Station am Westhange, Semperviretum = 2500 m) und auch bedeutend stärker lokalklimatisch beeinflußt sind (Avenetum durch die windoffene Lage auf dem Grate, Semperviretum durch die Steilheit der Exposition). Außerdem war aber der Witterungscharakter der

beiden Beobachtungstage wesentlich verschieden, indem am Tage der Messungen am Jakobshorn die Bewölkung, die im Laufe des Vormittags sehr wechselte und ihr Maximum zwischen 12 und 14 Uhr erreichte, im Laufe des Nachmittags bis zur völligen Aufhellung abnahm, während in den Hochlagen der aus westlichen Strichen wehende Wind andauernd an Kraft gewann.

Die Kurve der Lufttemperatur der meteorologischen Station Davos zeigte dementsprechend von 10–17 Uhr einen sehr flachen Verlauf mit einer deutlichen leichten Einbiegung um 13–14 Uhr. Die absoluten Werte stehen aber bedeutend höher als 1937: um 6–7 Uhr werden bereits $13,6^{\circ}$ angegeben (gegen 9° 1937); die maximalen Werte erreichen 22° (5° höher als 1937) und für 19–20 Uhr werden 18° (10°) angegeben. Der Beobachtungstag von 1937 war also im Tale um rund $5\text{--}6^{\circ}$ kühler.

Die Werte für die einzelnen Beobachtungsstationen von 1936 zeigen, soweit sie in der freien Luft gewonnen wurden, durchwegs eine ausgesprochene Erniedrigung während der starken Himmelsbedeckung über Mittag, die vielfach zu einer ausgesprochenen Zweigipfeligkeit der Kurven führt. Auch bei einem Teil der Bodentemperaturen ist diese Kurveneinsenkung noch festzustellen. Wir werden beim Vergleiche mit 1937 darauf nicht zurückkommen.

Im Fichtenwald ergibt sich in den beiden Jahren für die Temperaturen im wesentlichen das gleiche Kurvenbild. Wir finden also in beiden Jahren die ausgleichende Wirkung des Wald-Binnenklimas. Die Temperaturkurve in 50 cm Bodenhöhe und die der Bodenoberfläche verlaufen benachbart und ebenso unter sich die Temperaturen von 2 und 10 cm Bodentiefe. Die Bodentemperaturen der beiden Stationen sind für 1936 und 1937 beinahe gleich hoch (Unterschiede rund $0,5^{\circ}$ zugunsten von 1936). Die Lufttemperaturen von 1937 zeigen eine größere Gesamtschwankung, die aber nur scheinbar ist und davon herrührt, daß die Beobachtungsdauer im Jahre 1937 morgens früher einsetzte und abends länger andauerte, so daß wir auch die nächtlichen Minimalwerte gemessen haben. Die absoluten Höchstwerte bleiben 1937 um 1° hinter denen von 1936 zurück, während nach dem Verhalten der Lufttemperaturen von Davos ein Unterschied von etwa 4° zu erwarten wäre.

Im Rhodoretum, das beide Jahre ungefähr in gleicher Meereshöhe lag, unterscheiden sich die Kurvenbilder der Temperaturen vor allem dadurch, daß die Temperatur der Bodenoberfläche nur im Jahre 1937 wesentlich über diejenige in 50 cm über dem Boden ansteigt. Das hängt wahrscheinlich damit zusammen, daß die Instrumente im Jahre 1937 in weniger dicht geschlossenem Zwerggesträuch standen, so daß die Erwärmung der Bodenoberfläche durch direkte Strahlung kräftiger war. Im übrigen weisen sie bis 15 Uhr weitgehend den gleichen Gang auf. Die Maximalwerte der 50 cm-Kurven bleiben 1937 um 1° hinter 1936 zurück, die morgendlichen Minimalwerte allerdings allem Anscheine nach bedeutend mehr. Die Bodentemperaturen bleiben in Minimal- und Maximalwerten im Jahre 1937 um rund 3° hinter denen von 1936.

Die Höhenstationen bilden wieder ein Klasse für sich und stimmen in den Jahren 1936 und 1937 im wesentlichen Gange der Temperaturkurven überein. Sie sind charakterisiert durch die starke Erwärmung der Bodenoberfläche und das Absinken der Temperaturen 50 cm über der Bodenoberfläche, die bereits in die Nähe der Temperaturen in 2 cm Bodentiefe rücken. Letztere steigen im Laufe des Tages stark an. Weißfluh, die höchstgelegene Station, zeigt die Erscheinung am stärksten. Ihre Bodenoberflächen-Temperaturwerte gehen höher als die vorjährigen vom Jakobshorn, während die Temperaturen 50 cm über dem Boden um 5–6° zurückbleiben. Mit steigender Bodentiefe nimmt allem Anscheine nach in größerer Höhenlage die Durchwärmung rasch ab: in 2 cm Bodentiefe bleibt Weißfluhjoch um 2° gegenüber dem Jakobshorn zurück, in 10 cm Bodentiefe um 5°. Die starke Erwärmung der Bodenoberfläche ist aber nicht nur eine Funktion der Meereshöhe sondern in höherem Maße von der Bodenbedeckung abhängig: die Parkwiesenstation in Davos zeigt auf dem frisch gemähten Rasen ebenfalls an der Bodenoberfläche den höchsten Temperaturverlauf, allerdings bei hoher 50 cm-Temperaturkurve und starker Erwärmung der oberen Bodenschichten.

Verdunstungsmessungen. Die Verdunstungswerte bewegen sich in den beiden Beobachtungsjahren in der gleichen Größenklasse. Am niedrigsten sind sie im Piceetum; das Rhodoreto-Vaccinietum weist die höchsten Werte auf, besonders nach dem Mittag, hinter denen die Höhenstationen etwas zurückbleiben.

Luftfeuchtigkeit. Die Kurvenbilder der relativen Luftfeuchtigkeit sind in den beiden Beobachtungsjahren recht ungleich. Nicht nur haben wir im Jahre 1937 im Nachmittag infolge der Niederschläge den aufsteigenden Ast der Kurven bis zur Sättigung, während im Jahre 1936 dank der Aufhellung des Himmels und der Zunahme des Windes die niedrigsten Werte erst zwischen 17 und 18 Uhr erreicht wurden, sondern auch der morgendliche Kurvenabfall ist sehr verschieden. Um 7 Uhr 30, der Zeit der ersten Ablesung im Jahre 1936, steht die relative Luftfeuchtigkeit noch bei allen Stationen hoch, am höchsten bei den hochgelegenen Stationen. Im Jahre 1937 zeigen gerade diese Stationen die niedrigsten Werte an, die dann auf der Weißfluh sehr rasch zu einem Tiefstwerte fallen. Diese Unterschiede hängen jedenfalls neben den Unterschieden in der Wetterlage vor allem mit der Gesamtexposition zusammen: am Westhange (1936) tritt die Auftrocknung der Luft durch Besonnung und Aufwärmung spät in Erscheinung, am Südosthange früh. An einem reinen Strahlungstage müßten diese Unterschiede noch auffallender werden.

Die stärksten Unterschiede zwischen den beiden Jahren ergeben die Lichtmessungen. Die gemessenen Lichtstärken sind im Jahre 1937 im Fichtenwalde 4 mal kleiner als im Jahre 1936, im Rhodoretum dagegen rund 11mal größer, auf der Weißfluh, trotzdem dort die Messungen bereits um 15 Uhr abgebrochen wurden, 4,5mal größer als in der Jakobshorn-Höhenstation. Nachprüfung der exponierten Streifen hat die Messungen bestätigt. Der geringe Wert des Fichtenwaldes findet seine Erklärung im dichteren Bestandesschlusse. Die hohen Werte der Höheweg- und Weißfluhstation im Jahre 1937 sind teilweise darauf zurückzuführen, daß die Apparate von der Morgendämmerung an funktionierten und dadurch mehrere Morgenstunden gewannen, zur Hauptsache aber durch eine stärkere Sonnenstrahlung und Lichtreflexion bedingt. Die Bewölkung hat sich also in den beiden Jahren sehr ungleich ausgewirkt. Vielleicht war 1937 das Photometer der Station Höheweg etwas freier gelagert, als im Jahre 1936. Die Werte von 1937 sind übrigens nach den von Dorno veröffentlichten Daten für Davos nicht besonders hoch.

TAFEL 3

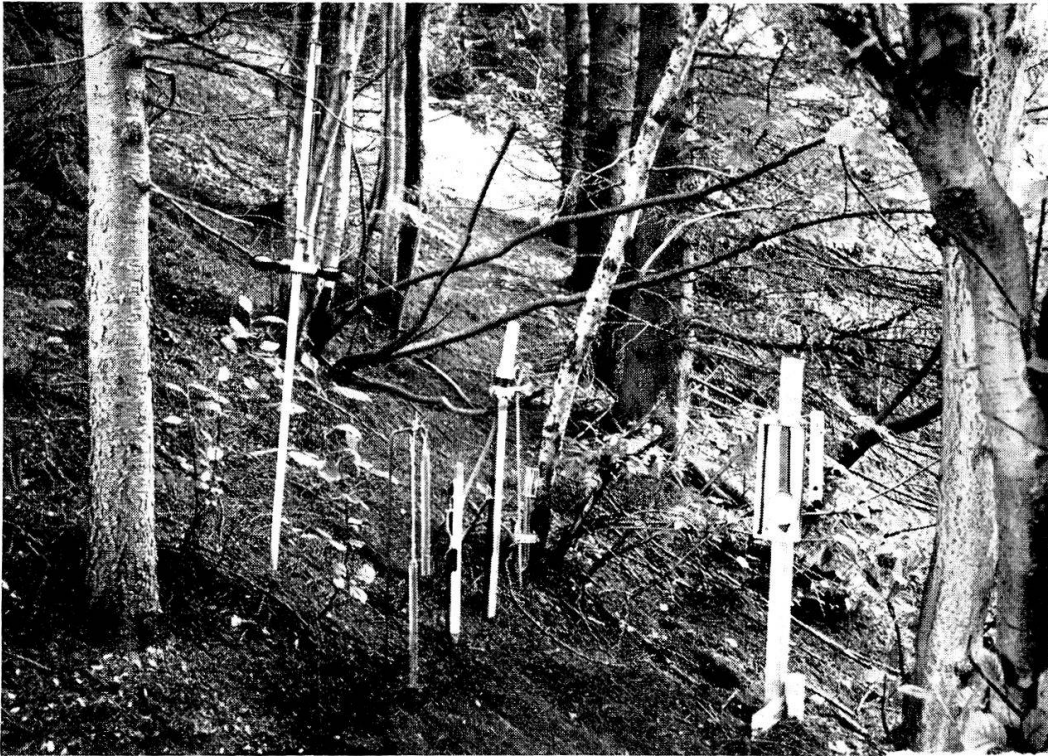


Abb. 1. Piccetum-Station

Phot. B. Stüßi

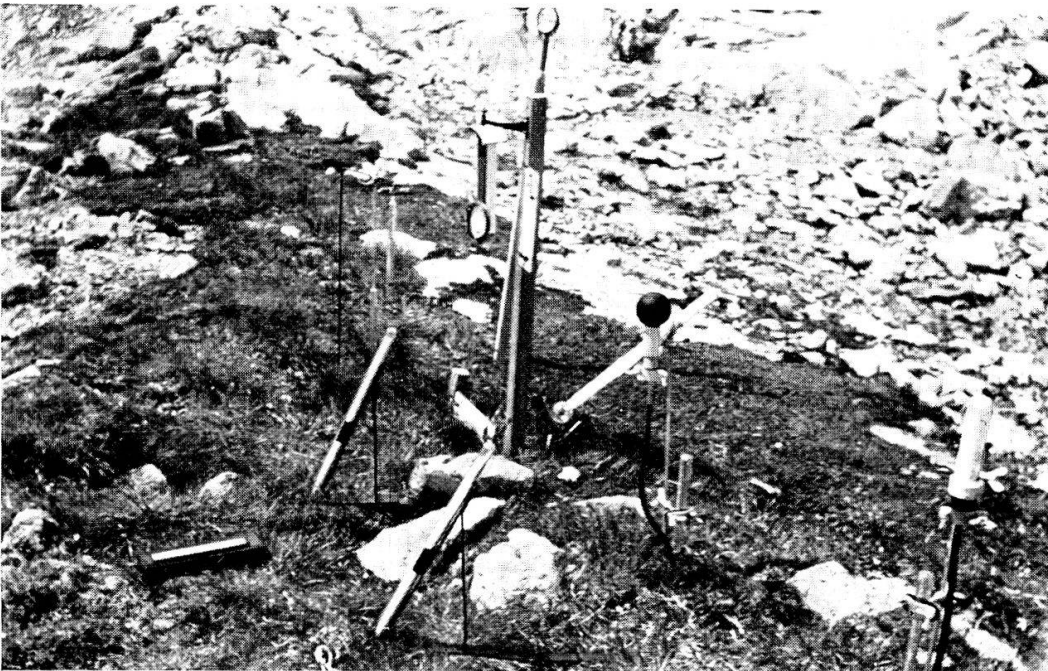


Abb. 2. Elynetum-Station

Phot. J. Dannenberg

TAFEL 4

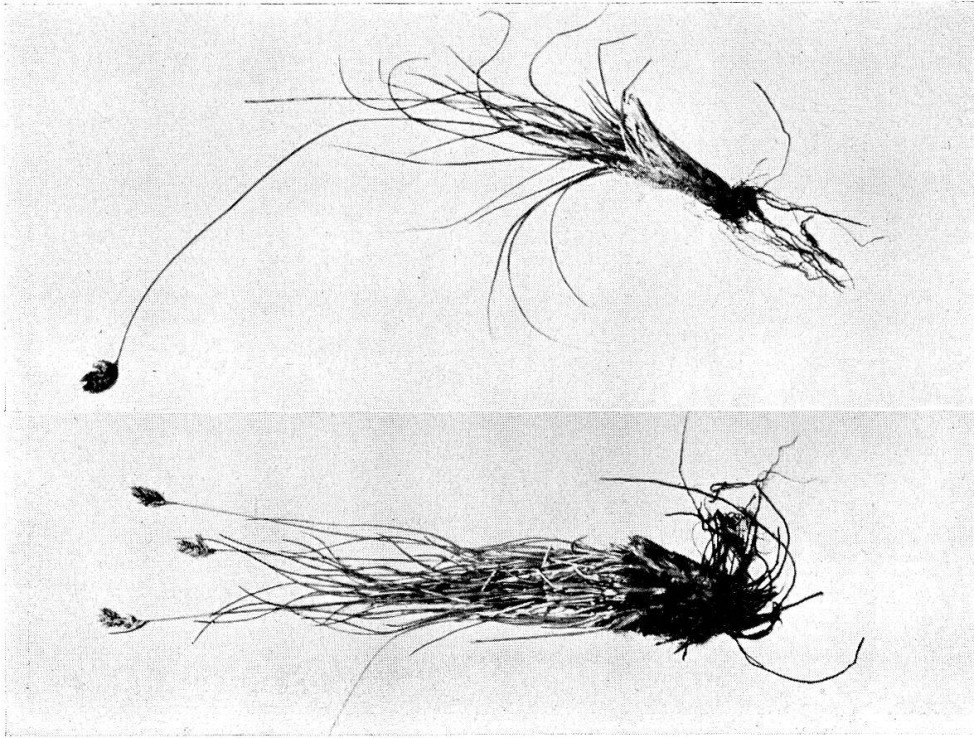


Abb. 2.

Carex curvula, l.: ssp. *Rosae* (geradwüchsig, Ährchen kleiner und heller); r.: ssp. *eu curvula* (Stengel krumm, Blätter ausgebogen, Ährchen größer und dunkler).



Phot. H. Gilomen, 1933

Abb. 1.

Pioniergrasen von *Dryas octopetala* und *Carex curvula* ssp. *Rosae*. Grande Séolane, 2460 m, Malmkalk.

Zusammenfassung.

Am 30.VII.1937 wurden in Davos an einem Höhenprofil, das vier Stationen umfaßte (Fichtenwald und Parkwiese in Davos, 1600 m; Rhodoreto-Vaccinietum im Höheweg, 2150 m; Elynetum auf der Weißfluh, 2740 m) mikroklimatische Messungen ausgeführt. Die Untersuchung war vom Wetter nicht begünstigt, indem der Himmel bereits am Vormittag stark wolkig war und am frühen Nachmittag ein Gewitter einsetzte, das Himmelsbedeckung bis am Abend brachte und den Abbruch der Höhenstation notwendig machte. Die Ergebnisse ergeben trotz der Störungen im wesentlichen die gleichen Gesetzmäßigkeiten, wie sie bereits im Jahre 1936 an einem anderen mikroklimatischen Höhenprofil im Gebiete von Davos festgestellt wurden. Stärkere Abweichungen zeigte der Verlauf der Luftfeuchtigkeit und die Lichtstärke. Es erscheint sehr wünschenswert, diese Untersuchungen fortzusetzen, teilweise unter Benützung der gleichen Stationen.
