

DIE NIEDERSCHLAGSVERHÄLTNISSE AN DER WALDGRENZE

Precipitation conditions at timberline

Précipitations atmosphériques à la frontière
sylvestre

Режим осадков на границе леса

von

E. PRUTZER

Anschrift des Verfassers:

Dr. E. PRUTZER

Forstliche Bundesversuchsanstalt Wien

Außenstelle für subalpine Waldforschung in Innsbruck

Rennweg 1, Hofburg

A-6020 Innsbruck

EINLEITUNG

Sie haben im vorangegangenen Vortrag gehört (H. FRIEDEL, 1967), daß das Klima in zwei verschiedenen räumlichen Ausprägungen auftritt: in einer niveauorientierten und in einer relieforientierten. Das gilt jedoch ebenso auch für die meteorologischen Einzelfaktoren und im besonderen Maße für den Niederschlag.

Der Niederschlag ist ein gerichteter, ein vektorieller Faktor, wobei er diese Prägung erst sekundär durch den Wind erfährt.

Aus der Fülle der meteorologischen Faktoren gibt es überhaupt nur zwei als Vektoren wirkende: der genannte Wind und die Strahlung. Daten der Einstrahlung, etwa der Dauer, lassen sich für die geographische Breite, Jahreszeit, Exposition, Neigung der Fläche und Tageszeit rechnerisch bestimmen.

Die wahre Einstrahlungsdauer läßt sich im Groß- und Kleinrelief allerdings nur nach den kartierten Sonnenauf- und Sonnenuntergangszeiten errechnen. Auf Grund von stereophotogrammetrischen Aufnahmen im Gelände und darauffolgenden monatewährenden Auswertungen mathematischer Reihen mit Hilfe der Elektronenanlage unserer Anstalt ist Helmut FRIEDEL mit solch einer grundlegenden Arbeit am Werk.

Der Wind kann nur gemessen werden. Er hat keine die Luft betreffenden Konstanten, die eine Dauer- oder Intensitätsberechnung ermöglichen würden, wie die der Sonne bei der Strahlung.

Was für den Wind gilt, muß demnach auch der Niederschlag für sich in Anspruch nehmen. Das große Erschwernis liegt nur in dem Problem, daß Wind und Niederschlag als ein einziger Komplex auf die Erdoberfläche wirken. Diese Tatsache wird bei den normalen Beobachtungen des Wetterdienstes nicht berücksichtigt. Und je höher wir ansteigen umso komplizierter, weil extremer werden aber die Verhältnisse. In seiner Arbeit über "Die Klimaschwankungen in den Hochalpen ..." bestätigte dies RUDOLFF jüngst aufs Neue: "Das schwierigste Problem der klassischen Hochgebirgsklimatologie ist die exakte Erfassung der Niederschläge."

I. DER NIEDERSCHLAG OBERHALB DER WALDGRENZE

Wenn wir uns einen Überblick über die Niederschlagsverhältnisse an der Waldgrenze verschaffen wollen, so möge jener nicht nur durch vergleichende Beobachtungen beidseits dieser Begren-

zungslinie gewonnen werden, sondern ich möchte gerade im Hinblick auf die Meßschwierigkeiten beim Niederschlag neue Wege ihrer Lösung in den Zusammenhang des Themas stellen.

Oberhalb der Waldgrenze ist das Relief maßgebend für jedes Klimageschehen. Flächen von Ausmaßen eines Hanges, Rippen und Kanten, Rinnen und Mulden wirken mit Auslage und Neigung auf die meteorologischen Faktoren ein und bestimmen das Kleinklima. Bei gerichteten Größen ist dies umso mehr der Fall, je größer der Vektor ist. Was eine Kante dem Strahlenstrom der Sonne Belichtung und Beschattung bedeutet, ist für den Wind Luv und Lee und für den Niederschlag ein Mehr oder Weniger seiner Menge. Der Wind ist damit der Niederschlagsverteiler ins Relief.

Das sichtbarste Zeichen dieser Verteilung ist die Schneedecke. Hierüber wird im nachfolgenden Vortrag eingehend berichtet werden (H. KRONFUSS 1967). Ich möchte jedoch durch den Anreiz der Sichtbarkeit das wesentliche Problem der Niederschlagsmessung im Hochgebirge aufzeigen. Für gewöhnlich bedeutet Schneefall eine Zunahme der Schneehöhe. Bei großem Schneegestöber können aber z. B. an einem Hangpunkt die Niederschlagsmengen gleich Null bleiben, ja im Gegenteil der Schnee kann dort sogar noch verweht werden.

Es müssen also zwei Größen des Niederschlags vorhanden sein - und dem ist auch so. Gerade so, wie man zwischen der Einstrahlung der Sonne und den dadurch erzeugten Temperaturen unterscheidet, wird heute allgemein in der Fachliteratur nach H. FRIEDEL ein Unterschied zwischen dem von der Atmosphäre angebotenem und dem auf dem Erdboden, der Pflanzendecke oder im Meßgefäß abgesetztem Niederschlag gemacht. Das eine ist ein vektorieller, das andere ein skalarer Wert.

A. NIEDERSCHLAGSANGEBOT

Zur praktischen Abklärung des Verhältnisses zwischen Niederschlagsangebot und Niederschlagsabsatz wurden von Helmut FRIEDEL sogenannte Triebmesser konstruiert, die das Angebot erfassen sollten und der gerichteten Kraft Rechnung tragen (Abb. 1). Das Gerät besteht aus einer Eisenhalterung, die mit ihrem Fuß auf einem Rahmen fixiert ist. In diese Halterung ist das Meßgefäß aus Plexiglas eingeschoben und festgeschraubt. Sofern es längsgeteilt ist, hat es zwei Ablaßhähne. Auf einer Achse von obenher aufgestülpt ist ein Blechhelm, der von einer Windfahne gedreht wird. Dieser Helm ist so gebaut, daß der Niederschlagsstrom aus dem Düseneffekt des jeweils in den Wind gedrehten Trichters in den erweiterten Raum dahinter kommt, die Flüssigkeit ausfällt und die Luft indirekt nach hinten entweichen kann. Der Helm ist

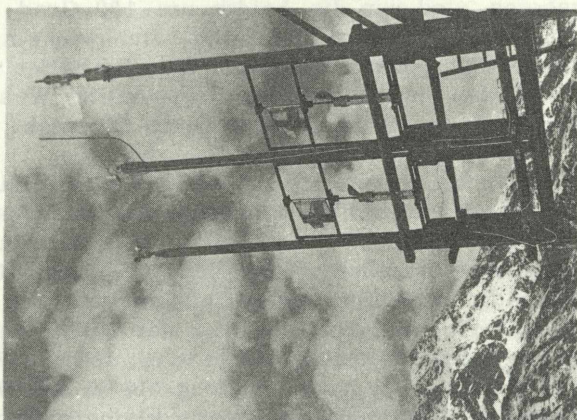


Abb. 2

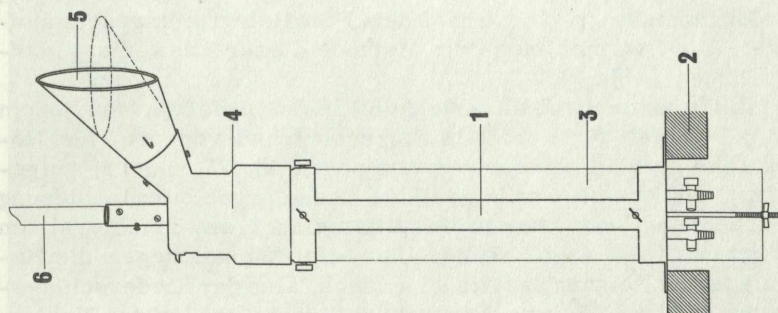


Abb. 1

also ein Strömungsmesser.

Zwei solcher Triebmesser nebeneinander auf einem Windgerüst befestigt zeigt Abb. 2. Wesentlich für die Erfassung des gesamten Niederschlagsangebotes sind nun die beiden um 180 Grad verdrehten Trichter mit ihren jeweils 45-gradigen Achswinkeln, die von den Windfahnen ständig in die Strömungsrichtung gehalten werden. Die Meßgefäße werden jeweils bei einem bestimmten Wasserstand entleert, die Verdunstung wird durch eine Ölschicht verhindert.

Man könnte nun einwenden, warum eigentlich den beschwerlichen Umweg machen und den Niederschlag überhaupt mit berücksichtigen? Es genügte ja, den Wind allein als Vektor zu erfassen und den Niederschlag darauf zu beziehen? Abgesehen vom lokalen Hangwindsystem streichen die regenbringenden Gradientwinde im Gebirge für gewöhnlich horizontal. Es hängt von der Windintensität ab, wieviel von den Regentropfen transportiert wird. Je nach Windstärke tritt somit eine Sortierung nach Tropfengröße in der Weise ein, daß bei gleicher Windintensität jeweils kleinere Tropfen auch einen kleineren Neigungswinkel des Niederschlags gegen die Horizontale bedingen. Je größer die Windstärke ist, umso kleiner ist ebenso der Neigungswinkel.

Es erweist sich also als wenig sinnvoll, den Wind allein als Vektor zu erfassen, weil der Niederschlag zum Wind in einem nach seiner Stärke variierenden Winkel fällt, wobei eben noch die Sortierung nach Tropfengröße dazukommt. Da namentlich letztes - meßtechnisch - nicht zugleich und auch nur schwer erfaßt werden kann, muß man sich auf die Erfassung der Komponenten beschränken (man abstrahiert also die Vektorenmessung), aus denen die Resultierende das wesentliche Merkmal darstellt.

Aus den Meßzeiträumen mit den Triebmessern wurden zwei Monate herausgegriffen, und zwar vom 8. August - 8. Oktober 1958, und die Ergebnisse graphisch nach dem Parallelogrammgesetz ausgewertet. Ein Beispiel möge die Methode dieser Auswertung veranschaulichen (Abb. 3).

Die beiden Wasserstandswerte (mm) in den Gefäßen, von jenem mit dem Trichter für Vertikalniederschlag und von dem für Horizontalniederschlag wurden als Komponenten, 27 und 13, aufgetragen und die Resultierende gebildet. Diese ergab durch Ablesung und Umrechnung (bezogen auf die Auffangfläche des Trichters) den mm-Wert des Niederschlagsangebotes. Der Winkel gegen die Horizontale ist die Neigung des Niederschlags, also der Niederschlags-Vektorenwinkel. Je kleiner dieser Winkel umso größer der Vektor. Abb. 3 zeigt die Vektorengößen des 11. Augusts, wobei durch eine Längsteilung der Gefäße der Niederschlagstrieb aus beiden Talrichtungen erfaßt werden konnte. Aus der Niederschlagsmenge ist zu ersehen, daß es sich um eine taleinwärts gerichtete Strömung

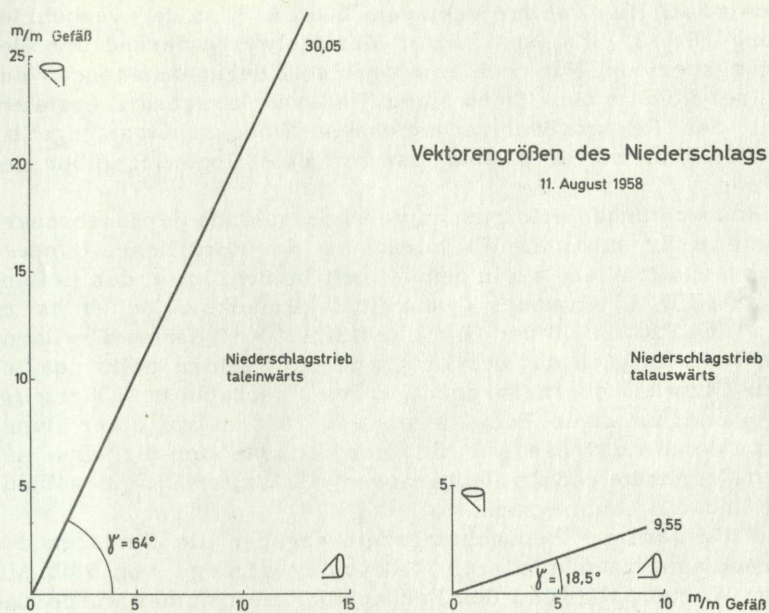


Abb. 3



Abb. 4

gehandelt hat. Hier ist der Vektorenwinkel 64° , in der verkehrten Richtung $18\frac{1}{2}^{\circ}$. Es ist dies der Maximalwert während der Beobachtungsperiode. Nur noch eine senkrecht dagegenstehende Wand könnte bei solch einem Trieb einen Niederschlagsabsatz erzielen. Die mit der Triebmeßanlage gemessene Niederschlagsmenge lag am 11. August um 15 % über der mit dem Regenschreiber gemessenen.

Die Beobachtungen erfolgten im Versuchsgelände der Innsbrucker Außenstelle für subalpine Waldforschung der Forstlichen Bundesversuchsanstalt Wien, wo in den letzten Jahren unter der Leitung von H. FRIEDEL ein neuer Typus einer klimaökologischen Station entstand (E. PRUTZER und G. CERNUSCA 1965). Diese Freilandstation befindet sich auf der orographisch rechten Seite des innersten Ötztals oberhalb des Weilers Poschach bei Obergurgl (Abb. 4) und hat ihren Basisstandort in 2070 m auf einer Hangleiste an der Waldgrenze (Abb. 5). Hier befinden sich die verschiedensten Meßgeräte und die Meßbaracken, die Wetterhütte, das Windgerüst und ein Ombrograph.

Über die gesamte Beobachtungszeit ergaben die Perioden des Niederschlags einen mittleren Vektorenwinkel von 58° . Mit anderen Worten, während des Beobachtungszeitraumes wurde das Gelände von Regenfällen bestrichen, die im Mittel eine Neigung von 58° zu einer theoretischen, das Relief ausschließenden Horizontalfläche hatten. Am ehesten wäre diese Fläche durch die Aufangfläche des Regenschreibers gegeben. Vergleichen wir aber nun die gemessenen Niederschlagsmengen der Triebmeßanlage mit jenen des Regenschreibers so stellen wir fest: Der Regenschreiber verzeichnete 139,6 mm, die Triebmeßanlage 183,5 mm, das sind um 31 % mehr Niederschlag als im Regenschreiber gesammelt wurde.

Durch eine Längsteilung der beiden Triebmessergefäße konnten auch die beiden auftretenden Talein- und Talauskomponenten des Niederschlags festgehalten werden. Die stärker ausgeprägte niederschlagsbringende Taleinkomponente kennzeichnet ein mittlerer Vektorenwinkel von 48° , die Talauskomponente 61° .

Der Vektorenwinkel von 48° wird noch verflacht, wenn nur die Regenmengen mit über 5 mm berücksichtigt werden. Er beträgt dann im Mittel 45° , mit dem Maximalwert von 30° (am 23. Aug.). Dieser außerordentlich große Mittelwert macht sich auch im Vergleich der Niederschlagsmenge der Triebmeßanlage mit dem Regenschreiber bemerkbar: Bei Taleinniederschlag sammeln die Triebgefäße um 36 % mehr als im Kübel des Regenschreibers abgesetzt wird. Im Mittel für die gesamte Meßperiode lag der Prozentsatz wie oben erwähnt nur bei 31.

Niederschläge, die kleiner als 5 mm waren, fielen bei geringeren Windstärken, womit der Vektor wesentlich kleiner wurde. Der Taleinvektorenwinkel betrug 56° (das Gegenstück bei über 5 mm

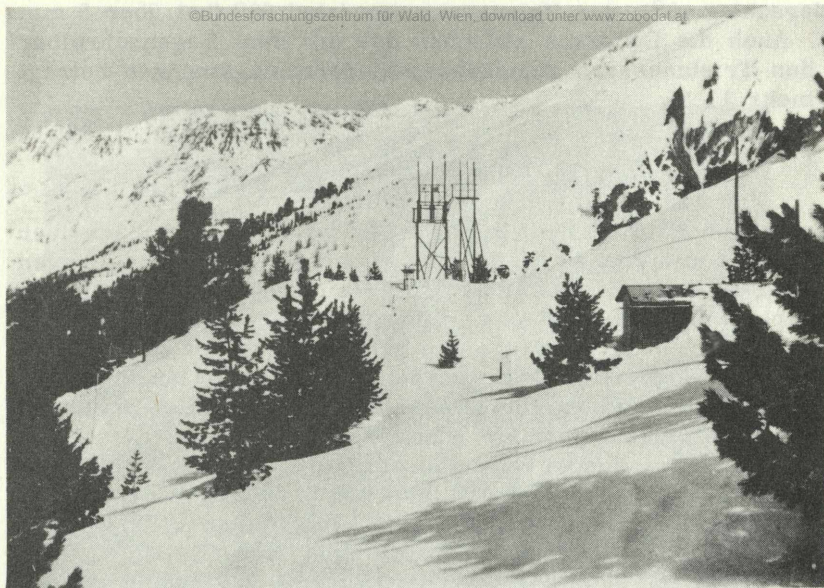


Abb. 5



Abb. 8

Niederschlag 45°), der Talausvektorenwinkel 69° (bei über 5 mm 49°). Auch die Differenz zwischen der mit dem Regenschreiber und den Triebmessern gemessenen Niederschlagsmengen beträgt nur mehr 11 %.

B. NIEDERSCHLAGSABSATZ

Die Triebmesser vermitteln uns ein Bild des Niederschlags über der Bodenoberfläche. Sie lassen uns seinen Vektor messen, seinen Niederschlagswinkel zu einer gedachten Horizontalfläche und geben mit der gemessenen Menge ein Maß des Niederschlagsstromes. Es erhebt sich nun die Frage, in welchem Ausmaße dieser angebotene Niederschlag nun tatsächlich ins Gelände abgesetzt wird, welches doch durch sein Relief dem Niederschlagsvektor verschiedenst geneigte Flächen entgeggestellt.

Der erste Ansatz hierzu wurde bereits gemacht, indem die Werte des Ombrographen denen der Triebmeßanlage gegenübergestellt wurden. Über den Regenschreiber stellen wir aber eine weitere Verbindung zu einer Kleinregennmesser-Reihe her, die den Niederschlag in seiner Verteilung über den Stations-Basisstandort, genannt Basishügel, erfassen sollte. Namentlich das Luv-Lee-Verhältnis sollte bestimmt werden.

Unsere Kleinregennmesser sind zylindrische Blechgefäße von 10 cm ϕ (Abb. 6), die auf der einen Seite den Niederschlag auffangen und auf der anderen Seite konisch zulaufend über einen Schlauch das Wasser in eine Flasche fließen lassen. Sie sind hangparallel, etwa 1 cm über die Bodenoberfläche aufragend versetzt und mit einem Netz abgedeckt: hangparallel deshalb, weil ihre Auffangfläche damit den natürlichen Verhältnissen angepaßt ist, knapp über dem Boden, damit kein Abflußwasser die Messung verfälscht und das Netz, damit die Zerstäuberwirkung des Bodens ersetzt und die auftretenden Sperr- oder Saugwirbel möglichst verhindert werden.

Die nächste Abbildung 7 zeigt die Anordnung der Kleinregennmesser über den Basishügel (Station) hinweg, von Norden, von talauswärts über das Stück Verebnung, wo auch der Ombrograph steht, nach dem Südwesten. Wir vermerkten bereits vorhin, daß die stärkste Komponente des Niederschlags von talauswärts kommt und somit wurde das Hauptaugenmerk der Beobachtung dem Luv zugewandt. Und das umso mehr, weil die Station durch die nahe Einmündung des Königstales etwas kompliziertere Strömungsverhältnisse hat und die Leeseite auch durch die Drehung nach Südwest und den geringen Abfall nur sehr schwach ausgebildet ist. Der Meßzeitraum war der gleiche wie bei den Triebmessern.

Der Aufriß über dem Situationsplan zeigt die Kleinregennmesser



Abb. 6

RELIEF UND NIEDERSCHLAGSABSATZ

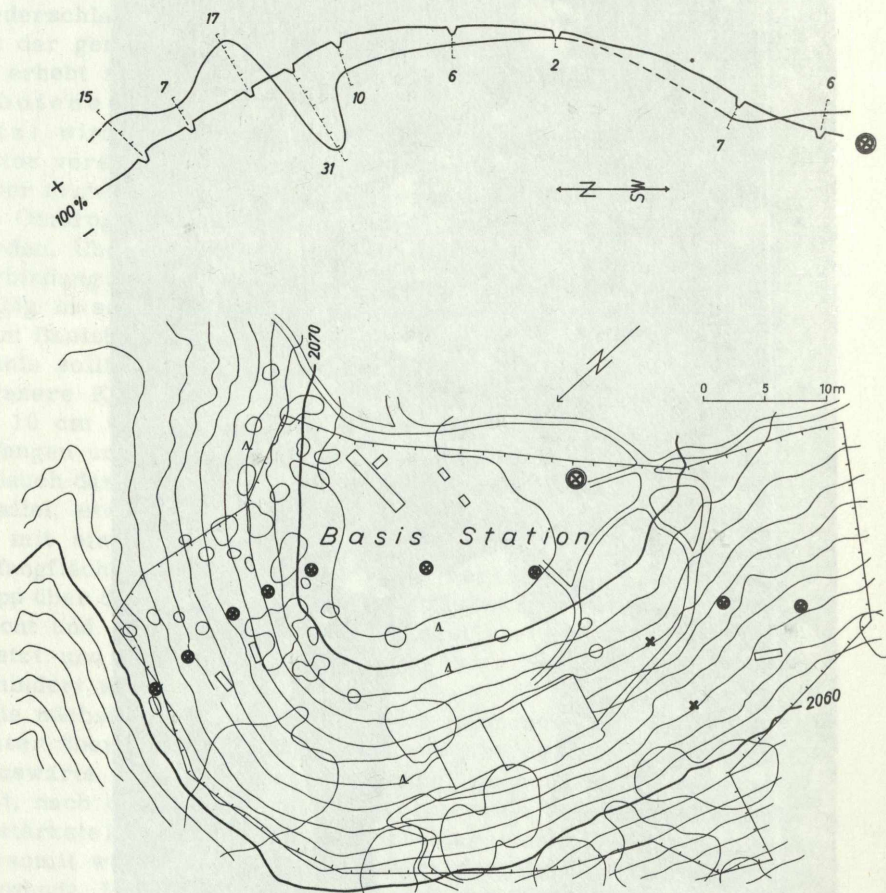


Abb. 7

im Profil des Basishügels von Nord nach Südwest im Kartenmaßstab. Auf dieses Profil ist die aufgefangene Niederschlagsmenge des Ombrographen mit 100 % bezogen. Die dazu verschiedenartig verlaufende Linie stellt die prozentualen Abweichungen der abgesetzten Niederschlagsmengen in den Kleinregennessern zum Bezugsprofil dar. Verglichen werden die Werte des gesamten Beobachtungszeitraumes.

Wir stellen fest, daß im Luv in den ersten drei Kleinregennessern ein Überschuß an Wasser ist: um 15, um 7 und 17 %. Nahe der Kante haben wir einen plötzlichen Verlust von 31 %, der an der Kante auf 10 absinkt und auch auf der Verebnung ist der Niederschlagsabsatz in den Kleinregennessern kleiner als im Ombrograph. Gegen Lee wird das Manko wieder etwas größer, 7 %, im weiteren erfolgt ein Überschuß von 6 %. Dieser Wert ist eher zu klein, weil schütterere Alpenrosenzweige Wasser abgeleitet haben könnten; ebenso die 6 % Minus auf der Verebnung, wo Zweige von Zwergwacholder dieselbe Wirkung gehabt haben mögen.

Eigenartig ist die Tatsache der überaus starken Verminderung des Niederschlagsabsatzes in der Nähe der Kante und auch der kleineren Werte auf dem Flachstück. Es zwingt sich einem beinahe der Vergleich mit der Schneeeablagerung bei starkem Wind auf. Beidem für den gleichen Zeitraum im Mittel herrschenden Vektor von 45° sogar für den flüssigen Niederschlag recht wahrscheinlich. Es ist dies nach H. FRIEDEL (1952) der typische Luveffekt im Kleinrelief nahe von Kanten, der auch knapp unterhalb der Grate und Gipfel ganzer Gebirgsketten wirksam wird. Man denke nur an die Verlagerung des Schnees nach der Wächtenseite zu. Dieses Luv im Kleinrelief bedeutet nichts anderes, als daß bei gleichviel Niederschlagsangebot ganz verschieden viel verteilt, also abgesetzt wird. Ganz im Gegensatz zum Luv im Großrelief, dem meteorologischen Luv, wo der beträchtliche Höhenanstieg die anströmende Luft mit stärkerem Aufsteigen auch zu einer Steigerung ihrer Feuchtigkeitsabgabe zwingt.

Das Luv im Kleinrelief macht sich auch noch über die Kante hinaus bemerkbar. Vor allem gilt dies für das Flachstück, auf dem der Wind ähnlich dem Schneefegen - die Niederschlagsteilchen ins Lee transportiert. Für normale Verhältnisse sollten Regensammler im Niveau der Bodenoberfläche um einige Prozent mehr anzeigen als solche etwa in 2 m Höhe.

Der Luv-Lee-Effekt sei mit noch einigen Niederschlagsdaten aus dem Jahre 1955 aufgezeigt. Auf Abb. 8 ist die Beerrinne zu sehen, die von der Basis der Station bis zur oberen Verebnung (Baumgrenze) abgebildet ist. Der Ausaperungszustand der Rinne ist in einem Stadium, bei dem im Lee (Windrichtung im Bild von

links) der Schnee noch geschlossen liegt, während die Rippen und der Luv-Einhang nahezu aper sind. Dieser Zustand möge aber die Niederschlagsverteilung eines Sommermonats veranschaulichen: im Lee, im Bereich des oberen Schneerandes 50,2 mm, etwas weiter gegen die Tiefenlinie der Rinne gerückt (Bereich des Wächtenfußes) 54,6 mm, am Luvhang Mitte 39,5, nahe am Rippenscheitel 34,1 mm; also den Beobachtungen am Basishügel verteilungsmäßig entsprechend.

Die Niederschlagsverteilung im Luv des Kleinreliefs bestätigen auch die Untersuchungen I. NEUWINGERS (1961), die den Boden dieses schattigen Hanges stets trockener fand, als einen sonnigen im Bereich unserer letzten Meßstelle auf Südwest. Eigene Verdunstungsmessungen stehen damit ebenso im Einklang: am Schatt-Luvhang wurden bis 20 % höhere Werte erzielt als am Sonn-Leehang (E. PRUTZER 1961).

Die Niederschlagsmessungen mit Trieb- und Kleinregennessern erbrachten somit das überraschende Ergebnis, daß der sommerliche und der winterliche Niederschlag in ihren räumlichen Verteilungsgesetzen nur quantitativ verschieden sind. Das ist für die Niederschlagsverhältnisse und im weiteren für den Wasserhaushalt über der Waldgrenze von besonderer Bedeutung. Die Erfassung der sichtbar ins Gelände hineingelegten Schnee-Aperlinien, der Isochionen, in ihrer Beziehung zum sommerlichen Niederschlag könnte uns auch hier den Weg weisen zu einer nun gemeinsamen kartographischen Darstellung des Faktors Niederschlag i. w. S. im Kleinrelief.

Die Triebmessung ist noch nichts Abgeschlossenes und auch die Beobachtungen mit den Kleinregennessern im Relief sind noch nichts Endgültiges und müssen noch ergänzt werden. So sind die Dimensionen des Triebmessers noch nicht aufs Optimale hin untersucht, eine Beheizung der Gefäße für den Winter ist erprobt, doch die der Trichter macht Schwierigkeiten. Im Hochwinter, bei ganz feinem Triebschnee, ist diese zwar nicht nötig, aber während der Übergangszeit verstopfen sich die Trichter.

Versuche - vor allem mit der Messung des Triebschnees in bestimmten Höhen - sollten Aufschluß geben über die Transportkraft des Windes mit zunehmendem Abstand über der Schneeoberfläche (Abb. 9). Eine Rohrkonstruktion in Art eines Galgens, ermöglicht über Seile Triebmesser und andere Meßgeräte (etwa Windwegsummierer) in gleichem Abstand über der Schneeoberfläche zu halten. Es wäre z.B. noch eine Aufgabe, einen Gradienten des Schneetriebes zu ermitteln, wobei die Triebmeßanlage in 7,5 m auf dem Windgerüst, solche auf dem Galgen in etwa 1 m und 2 m über der Schneeoberfläche und ein Gerät unmittelbar am Boden hierzu geeignete Werte liefern würden. Bewährt hat sich eine von G. CERNUSCA entwickelte kapazitative Niveaufernmessung, die mit-

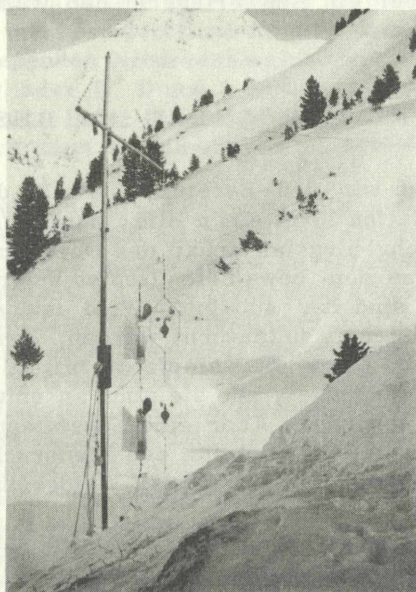


Abb. 9



Abb. 10

tels Meßsonden über ein Auswertegerät den Wasserstand in den Gefäßen anzeigt.

II. DER NIEDERSCHLAG IM BESTAND

Damit verlassen wir den Bereich oberhalb der Waldgrenze, werfen von der Station noch einen Blick zurück (Abb. 10) auf die eindrucksvolle Hochgebirgslandschaft des Obergurgler Talschlusses und wenden uns dem bewaldeten Gebiet unterhalb der Waldgrenze zu. Wohl sind der subalpine Wald und sein Eigenklima von uns weniger intensiv untersucht worden, denn aus der Aufgabenstellung heraus wurde die Kampfzone mit all ihren kleinklimatischen Differenzierungen, wie sie auch an entwaldeten Hängen vorzufinden sind, behandelt. Aber eine Zusammenschau von vorhandenen Ergebnissen wird auch für den Niederschlag als klimaökologische Erscheinung unterhalb der Waldgrenze ein Bild entstehen lassen.

Die wesentlichste Auswirkung des Bestandes auf den Niederschlagsabsatz besteht darin, daß dieser nicht unmittelbar auf den Boden erfolgt, sondern zunächst auf ein dazwischengeschobenes Niveau, das Kronendach der Bäume.

Es legt sich wie eine dicke Decke über den Hang und gleicht Unebenheiten weitgehend aus. Das Kleinrelief mit seiner vielfältigen Klimavariation ist überdeckt. Das Windfeld ist in die Höhe des Kronendaches abgehoben und eine stärkere Turbulenz der Luftbewegung tritt ein. Die Verteilung des Niederschlags erfolgt jetzt aber durch Stammes- und Traufenwirkung. Vielerorts werden diese Erscheinungen sehr genau von der Bodenvegetation widerspiegelt. Im Gegensatz zum bestandslosen Gelände ist auch die Schneedecke ausgeglichen, es gibt keine Wächten und nur an Rändern oder in Lücken des Bestandes kommt es gelegentlich zu größeren Schneeanhäufungen.

Die Baumkronen haben aber auch noch eine andere Bedeutung. Sie wirken als Niederschlagsfilter. Einem Teil des Niederschlags verwehren sie das Durchdringen bis zum Boden, ja manchmal absorbieren sie überhaupt die ganze Menge.

In welchem Ausmaße das der Fall ist, hängt von waldbaulichen, standortsbedingten und klimatischen Faktoren ab, über die ich mich, da ich sie als bekannt annehme, nicht weiter ergehen möchte.

Die Haushaltsgleichung für den Niederschlag im Wald lautet nach GRUNOW (1965)

$$Z \quad R \quad (D + A),$$

wobei Z die Niederschlagszurückhaltung in den Baumkronen, als

Verlustposten, sich aus dem Unterschied zwischen dem Freilandniederschlag (R) und dem durch die Kronen durchfallenden (D) und am Stamm abfließenden Niederschlagswasser (A) ergibt.

Die Wirkungsglieder R, D und A lassen sich meßtechnisch unmittelbar erfassen. Beim Stammabfluß (A) ist dies wohl etwas schwieriger, doch kann er namentlich bei der Fichte vernachlässigt werden.

Aus den zahlreichen Untersuchungen über die Niederschlagszurückhaltung, seien hier nur einige wenige angeführt, die die Niederschlagsverhältnisse insbesondere im subalpinen Lärchen-Zirbenwald der kontinentalen Innenalpen näher bestimmen.

Der durchschnittliche Niederschlagsgenuß eines Lärchenwaldbodens mit 60 % Kronendeckungsgrad beläuft sich nach H. TURNER (1961) auf 60 65 % der Freiland-Niederschlagsmenge. Nur 28 % dieser Menge gelangten in einem dichten Zirbenwald zum Boden. Rund 3/4 der Freilandmenge blieben also im Kronendach hängen! Gänzlich zurückgehalten wurden Niederschläge, die nicht mehr als 3 mm brachten. An einem offeneren Standort im Zirbenbestand wurden 83 % des Freilandniederschlags gemessen.

Die Meßpunkte befanden sich in einem Profil 150 m unterhalb der Obergurgler Freilandstation, der Bezugsmeßpunkt auf einer Lichtung im selben Profil.

Zum Vergleich anschließen möchte ich Werte der Niederschlagszurückhaltung von Fichtenbeständen auf dem Hohenpeißenberg/Oberbayern, J. GRUNOW kommt auf 39 %, die unter Berücksichtigung des im Alpenvorland ökologisch besonders wichtigen Nebelniederschlags sich auf 5 % vermindern können! Das ist vor allem in den Übergangsmonaten und an den Bestandsrändern der Fall und ergibt praktisch kaum mehr einen Unterschied zwischen dem Niederschlagsabsatz im Bestand und im Freiland. Im kontinentalen Alpeninnern dürfte der Nebelniederschlag für den Wasserhaushalt der Pflanzen keine nennenswerte Bedeutung haben.

Die große Niederschlagszurückhaltung in dichten Zirbenbeständen ist, wie H. TURNER vermerkt, für den Wasserhaushalt des Unterwuchses außerordentlich ungünstig.

Die 72 % Zurückhaltung stellen jedoch ein Extrem dar, denn ausgedehnte Zirbenbestände mit 60 90 % Kronendeckungsgrad sind selten und auch diese Dichte ist nicht der Typus des subalpin-kontinentalen Bergwaldes. Dieser ist eher durch eine gewisse Auflockerung gekennzeichnet, die gegen seine obere Grenze zunimmt.

Will man den Wasserhaushalt des Zirbenwaldes zu bestimmen versuchen, so geschieht dies annäherungsmäßig am besten durch eine Mittelung der auf den Boden gelangenden Niederschlagswerte aus dem dichten und dem offeneren Standort. Berücksichtigt man, daß die Bodenvegetation in den Waldlücken und die Nadelstreu unter

lichten Kronen noch etwa 20 % beanspruchen, verbleiben dem Boden im Zirbenwald rund 30 % des sommerlichen Niederschlags der Freilandmenge. Schnee gelangt mehr in den Bestand. Umgerechnet auf die jährliche Niederschlagsmenge beträgt dies etwa 300 mm, die dem Zirbenwald an Wasserverbrauch zur Verfügung stehen. Diese dürften die Altbäume für ihre Transpiration völlig verbrauchen. Denn trotz reichlichen Samenfalls und allenthalben auch genügend schräg einfallendem Licht vermag unter einem einigermaßen geschlossenen Zirbenschirm kein Jungwuchs aufzukommen. Trockene, vegetationslose Barflecken beherrschen weitgehend die Bodenoberfläche.

Dem Lärchenwald dürfte nach ähnlicher Berechnung eine jährliche Niederschlagsmenge von rund 500 mm zur Verfügung stehen.

Offen bleibt die Frage, inwieweit die ermittelten Bilanzwerte durch den Faktor Abfluß verändert werden. Untersuchungen benachbarter Abteilungen und Institutionen beginnen jedoch in dieser Richtung hin vorzustoßen (A. CZELL 1967).

Hingewiesen sei aber noch auf die Tatsache, daß die Vegetation mitunter stockwerkartig gestaffelt ist und die Niederschlagszurückhaltung auf diese Weise vervielfacht werden kann. Was sich in den Baumkronen abspielt, vermag sich in ähnlicher Weise in der Strauch-, Kraut- und Moos- oder Flechtenschicht zu wiederholen. Auch die Nadelstreu ist, wie bereits erwähnt, nicht unberücksichtigt zu lassen. Natürlich kommt dabei nur der flüssige Niederschlag in Betracht.

Die Niederschlagszurückhaltung gewinnt hiemit aber auch im unbestocktem Gebiet an Bedeutung, nämlich bei Starkregen! Da kehrt sich die Situation um: Der Verlust in der obersten Auffangschicht, etwa in einer subalpinen Zwergstrauchheide, soll möglichst hoch sein, damit die unteren Vegetationsschichten und der Boden geschützt werden! Genügende Zurückhaltung von Regenwasser bedeutet hier einen wesentlichen Aktivposten in der Erhaltung der Naturlandschaft.

LEGENDE ZU DEN ABBILDUNGEN

Abb. 1:

Ein Triebmesser nach H. FRIEDEL zur Erfassung des Niederschlagsangebotes.

1) Eisenhalterung mit Fixierschrauben, 2) Rahmen, 3) Meßgefäß mit Ablasshähnen, 4) frei drehender Helm, 5) Auffangtrichter (Auffangfläche in horizontaler Ebene angedeutet), 6) Achse zur Windfahne

Abb. 2:

Zwei Triebmesser in 7,5 m Höhe über dem Boden im Einsatz auf dem Windgerüst der klimaökologischen Freilandstation Obergurgl-Poschach.

In 10 m Höhe übliche Registriergeräte der Windstärke und Windrichtung sowie - rechts - ein elektrischer Windrichtungsmelder, der bei vorgewählten Richtungen Kontakte auslöst und Durchschaltungen ermöglicht.

Abb. 3:

Vektorengrößen des Niederschlags.

Abb. 4:

Der WNW-Hang des Gurgler Tales (Aufn. G. CERNUSCA, 1. Juni 1966). Oberhalb des Weilers Poschach an der Waldgrenze befindet sich die klimaökologische Freilandstation. Zwischen der hier verlaufenden Hangleiste und der im Bilde noch stark schneebedeckten Verebnung darüber liegt die Kampfzone forstlichen Bestandes.

Links, bei der Einmündung des Königstales, die mit einer großen Kehre beginnende Timmelsjoch-Hochalpenstraße, nach rechts geht es gegen Obergurgl.

Das Bild vermittelt die Ansicht einer typischen Schneefleckenlandschaft der Ausaperungszeit.

Abb. 5:

Die klimaökologische Freilandstation Obergurgl-Poschach. Ansicht des Basishügels mit dem Blick talauswärts. Im Vordergrund und links im Bild Arbeits- und Meßbaracken, am Hügel der Hangleiste verschiedene Meßgeräte, Wetterhütte, Windgerüst und Ombrograph; Bildmittelgrund das neue Wintersportzentrum Hochgurgl auf der Angerer Alm zwischen dem Königstal davor und dem Timmelstal dahinter.

Abb. 6:

Ein Kleinregennmesser.

Mit Drahtnetz abgeschlossener, bodengleicher Blechzylinder, welcher durch einen Schlauch mit einer Meßflasche verbunden ist. Ein auf den Schlauch aufgezogener und über den Flaschenhals reichender Metallkegel hemmt die Verdunstung.

Abb. 7:

Relief und Niederschlagsabsatz.

Die eingekreisten Kreuze bezeichnen die bei der Auswertung berücksichtigten Standorte der Kleinregennmesser am Basishügel. Die große Signatur ist der Ombrograph. Luv ist nordexponiert. Der Aufriß über dem Lageplan zeigt die prozentuelle Abweichung des Niederschlagsabsatzes der Kleinregennmesser vom Meßwert des Ombrographen (100 %).

Abb. 8:

Ausaperungsstadium der Beerrinne im Stationsgelände zwischen der Basis-Waldgrenze und der Baumgrenze.

Abb. 9:

Konstruktion zur Abstandsregelung über der Schneeoberfläche.

Mit dieser Konstruktion können Trieb- und andere Meßgeräte namentlich im Winter in Bodennähe (bis 2 m) stets auf die variierende Höhe der Schneeoberfläche ein- und nachgestellt werden. Die Abbildung zeigt die Konstruktion am Luveinhang des Basishügels der Station.

Abb. 10:

Der Gurgler Talschluß (Aufn. G. CERNUSCA).

Bildbeherrschend der 3540 m hohe Schalfkogel, darunter der Gurgler Ferner und links im Vordergrund der letzte größere Zirbenbestand.

ZUSAMMENFASSUNG

Der Niederschlag ist ein meteorologischer Faktor, der durch den Wind gerichtet wird. Wind und Niederschlag wirken als eine Kraft auf die Erdoberfläche ein.

Der Niederschlag in der Atmosphäre ist als Angebot anzusprechen, der zum Erdboden, auf die Pflanzendecke oder ins Meßglas fallende als Niederschlagsabsatz. Das eine ist ein Vektorenwert, das andere ein Skalenwert. Das Niederschlagsgeschehen an der Waldgrenze unter Berücksichtigung des Unterschiedes dieser beiden Größen abzuklären, erfordert auch neue Wege ihrer Messung.

Auf der klimaökologischen Freilandstation Obergurgl-Poschach wurden zu diesem Zwecke neuentwickelte Strömungsmesser, sogenannte Triebmesser, in 7,5 m Höhe eingesetzt. Sie erfaßten den Niederschlag über der Bodenoberfläche, mithin das gesamte Niederschlagsangebot:

Über einen Beobachtungszeitraum von zwei Monaten wurde das Gelände von Regenfällen bestrichen, die im Mittel in einem Vektorenwinkel von 58° einfielen. Beidenüberwiegend vorherrschenden Taleinwetterlagen wird der Niederschlag noch flacher ins Relief gelegt, 48° , bei Berücksichtigung von Regenmengen über 5 mm im Mittel sogar 45° . Der Vergleich der Niederschlagsmengen zwischen dem Ombrographen am selben Standort in 2 m Höhe und den Triebmessern erbrachte für den Beobachtungszeitraum 139,6 mm beziehungsweise 183,5 mm, das sind also 31 % mehr in der Triebmeßanlage.

Der Ombrograph vermittelt nur einen Annäherungswert vom angebotenen Niederschlag und zeigt den Niederschlagsabsatz seines Standortes an. Im Gelände ist der Niederschlagsabsatz abhängig vom Relief. Er wurde mit eigenen bodengleichen Kleinregennessern gemessen.

Eine Kleinregennesser-Reihe über den Basishügel der Station, von Luv nach Lee, erbrachte eine sehr starke Verminderung des Niederschlagsabsatzes in der Nähe des Abfalls gegen Luv und auch kleinere Werte auf dem Verebnungsteil (bezogen auf die Werte des Ombrographen). Die Niederschlagsverteilung der Beobachtungszeit gibt damit den typischen Luv-effekt im Kleinrelief nahe von Kanten wieder, welcher der luvseitigen Schneeablagerung bei starkem Wind entspricht.

Für die Niederschlagsverhältnisse und den Wasserhaushalt über der Waldgrenze ist - mit gewissem Vorbehalt - diese Erkenntnis von besonderer Bedeutung, weil der sommerliche und der winterliche Niederschlag in ihren räumlichen Verteilungsgesetzen somit nur quantitativ verschieden sind.

Unterhalb der Waldgrenze, im Bestand, wird die Luftströmung in die Höhe des Kronendaches abgehoben. Durch das Kronendach kommt es zur Bildung von Traufen- und Stammabfluß und das Relief ist unwirksam. Die Baumkronen halten einen Teil des Niederschlags zurück.

In einem Lärchenbestand des Stationsgebietes Obergurgl-Pöschach gelangen nur 60 - 65 % der Freiland-Niederschlagsmenge zu Boden. In einem sehr dichten Zirbenwald werden rund drei Viertel der Freilandmenge von den Kronen gefiltert. An einem offenen Zirbenstandort fallen 83 % des Freiland-Niederschlags zu Boden. Auf den Wasserhaushalt des Unterwuchses kann sich eine starke Niederschlagszurückhaltung sehr nachteilig auswirken. Die Einbeziehung des ökologisch wichtigen Nebelniederschlags in die Messung zeigt, z. B. bei Untersuchungen auf dem Hohenpeißenberg/Oberbayern, daß die Retention durch ihn einen indirekten Ausgleich erfahren kann.

SUMMARY

Precipitation is a meteorological factor in which directions is dependent on wind. Wind and precipitation act together as a single force on the earth's surface.

Precipitation in the atmosphere can be regarded as a supply which falls to earth either on the plant cover or in a measuring device as a precipitation measurement. One of these is a vector value, the other a scale value. To clarify the differences between these two at timberline, new measurement techniques are necessary.

For this purpose a newly developed measuring device, the so-called Triebmesser, was set up at a height of seven meters above ground at the climatological/ecological field station at Obergurgl-Poschach. This device catches the precipitation above the ground surface, thus registering values for total precipitation.

During a two month observation period, rainfall was measured falling on average in a vector angle of 58° . With predominantly inner valley weather, the angle was even lower, 48° , and in the case of falls over 5 mm, 45° . A comparison of catches in a weighing type recorder two meters above ground, and the Triebmesser, gave values over the observation period of 139.6 mm, and 183.5 mm respectively, i.e. 31 % more for the Triebmesser.

The weighing type recorder registers only an approximate value for the incoming precipitation, and shows the catch only for its location. In the open, precipitation catch is dependent on relief. It is measured using a number of small raingauges the orifices of which are level with the ground surface.

A line of these small gauges running over the Base Hill (Ba-sishügel), at the station from windward to leeward, showed a very marked reduction in catch near the top of the slope on the windward side, and also lesser values down the slope across the ridge, (in comparison with the weighing type recorder). Precipitation distribution during the observation period shows the typical windward effect in microrelief near ridges, and explains the windward side snow deposition under conditions of strong wind.

For precipitation conditions and water balance above timberline, these findings are with certain exceptions of special significance, as they show that spatial distribution of summer and winter precipitation differ only quantitatively.

Below timberline the airflow at the height of the tree crowns is pushed up, and because of the roof-effect of the crowns, stem-

flow develops, and relief becomes of little consequence. The tree crowns hold some of the precipitation back.

In a larch stand at Obergurgl-Poschach only 60 % - 65 % of the precipitation falling in the open reached the forest floor. In a very thick cembran pine stand, nearly 75 % of the open-land precipitation was intercepted by the crowns. In an open cembran pine stand on the other hand, 83 % of the open-land figure was measured as throughfall. Marked interception can have serious consequences for the water economy of the undergrowth. Research on the Hohenpeissenberg in Upper Bavaria for example, shows that the inclusion of ecologically effective mist in the precipitation figures practically compensates for retention in the crowns.

RÉSUMÉ

Les précipitations atmosphériques sont un facteur météorologique dirigé par le vent. Le vent et les précipitations agissent comme une seule force sur la surface terrestre.

Les précipitations se trouvant dans l'atmosphère sont à considérer comme offre, celles qui tombent sur le sol, les plantes ou dans l'éprouvette graduée sont le débit. Tandis que les premières représentent une valeur vectorielle, les secondes sont des valeurs échelonnées. Pour définir exactement la différence de ces deux valeurs à la limite sylvestre il faut trouver de nouvelles méthodes de mesurage.

Dans ce but on a installé à la station écologique climatique d'Obergurgl-Poschach des compteurs de courant nouvellement développés, de soi-disants "Triebmesser". Ceux-ci recueillent les précipitations au-dessus de la surface du sol, par conséquent l'offre entière.

Durant deux mois d'observation le terrain fut balayé de pluies, tombant en moyenne dans un angle vectoriel de 58° .

Le vent poussant les pluies le plus souvent vers l'intérieur de la vallée, celles-ci tombent plus plat, 48° , eu égard à des précipitations de plus de 5 mm en moyenne, même 45° . En comparant les quantités des précipitations entre l'ombrographe au même endroit à 2 m de hauteur et les "Triebmesser", on a trouvé durant la période d'observation 139,6 mm, respectivement 183,5 mm, ce qui fait 31 % de plus dans les "Triebmesser".

L'ombrographe ne communique qu'une valeur approximative des précipitations offertes et montre le débit des précipitations de l'endroit où il est installé. Au terrain, le débit des précipitations dépend du relief. Il a été mesuré avec de petits ombromètres spéciaux au raz du sol.

Une rangée de petits ombromètres au-dessus de la colline de base de la station, installés du côté du vent vers le côté sous le vent, a prouvé une grande diminution du débit des précipitations près de la pente côté du vent et aussi des valeurs diminuées sur la partie aplatie (par rapport aux valeurs de l'ombrographe). La répartition des précipitations durant la période d'observation présente par conséquent l'effet côté du vent typique du microrelief près d'arêtes, qui correspond au dépôt de neige côté du vent par vent très violent.

Pour la situation du point de vue des précipitations et du débit d'eau au-dessus de la limite sylvestre ces constatations sont d'une importance particulière - avec certaines réserves -, parce que les précipitations d'été et d'hiver ne diffèrent que par la quantité dans leurs lois de répartition spaciales.

Au-dessous de la limite sylvestre, dans la forêt, les courants d'air sont soulevés à la hauteur des cimes. Les pluies s'écoulent le long du feuillage et des troncs, rendant ainsi le relief inefficace. Le feuillage retient aussi une partie de la pluie.

Dans une forêt de mélèzes de la station d'Obergurgl-Poschach seuls 60 - 65 % des quantités de précipitations de la pleine campagne atteignent le sol. Dans une forêt de pins cimbres très dense environ trois quarts des quantités de la pleine campagne sont filtrés par le feuillage.

Dans un effectif clairsemé de pins cimbres 83 % des précipitations tombent sur le sol. La forte retention des précipitations peut avoir de mauvais effets sur le débit d'eau du taillis. L'inclusion, dans le mesurage, du brouillard écologiquement important montre, par exemple chez les recherches au Hohenpeißenberg en Haute-Bavière, que la retention peut être compensée indirectement par le brouillard.

Р е з ю м е

Осадки являются метеорологическим фактором, направляемый ветром. Ветер и осадки совместно действуют на поверхность земли.

Осадки, находящиеся еще в атмосфере, представляют собой валовое количество возможных осадков, а те, попадающие на поверхность земли, на растительный покров или в измерительный сосуд – эффективны. Первые являются векторной величиной, а последние – скалярной. Выявление процесса выпадения осадков на границе леса, учитывая при этом разницу этих величин, требует новых методов измерения.

В климато-экологической станции Обергургль-Пошах 7,5 метров над землей были расставлены "измерители потока", специально разработанные для этой цели. Они охватывали осадки, находящиеся еще над поверхностью земли, т. е. валовое количество возможных осадков.

В течении периода измерений, продолжавшегося два месяца, над местностью падали дожди, нисходящие в среднем под векториальным углом в 58° . Ввиду преобладающего направления внутрь долины, дожди попадали на почву под еще более пологим углом, 48° , а если учесть осадки больше 5 мм, даже под углом в 45° в среднем. Сравнение показаний омбрографа, находящегося на той же станции 2 м над почвой,

с показаниями измерителей потока дало следующие результаты: 139,6 мм и 183,5 мм, соответственно, т. е. измерители потока показывали на 31 % больше.

Омброграф дает только приближенное значение валового количества осадков и измеряет эффективные осадки на месте своего положения. В открытой местности эффективное количество осадков зависит от рельефа. Его измеряли микро-дождемерами расставленными непосредственно на почве.

Серия микро-дождемеров, расставленных в направлении с наветренной стороны к подветренной поперек холма станции, показывала сильное понижение эффективных осадков вблизи наветренного склона, а также и пониженные данные на плоской части рельефа сравня с данными омброметра. Распределение осадков во время периода наблюдений выявляет таким образом типичный наветренный эффект микро-рельефа вблизи ребер, соответствующий накоплению снега на наветренной стороне при сильном ветре.

Эти результаты в некоторой степени имеют особое значение для режима осадков и водяного режима на границе леса, так как закономерности распределения летних и зимних осадков различаются лишь в количественном отношении.

Под границей леса, в древостое, поток воздуха отделяется от поверхности земли ярусом крон. Сквозь покров крон осадки протекают капая или вдоль стволов, и рельеф становится не-эффективным. Кроны деревьев задерживают часть осадков.

В лиственничном древостое в области станции Обер-гургль-Пошах лишь 60 – 65% общего количества осадков достигали почву. В очень густом кедровике около трех четвертей количества осадков, нисходящих на открытую местность, задерживаются кронами. В редком кедровике 85% осадков, нисходящих на открытую местность, достигали почву. Сильное задерживание осадков может очень невыгодно влиять на водной режим подлеска. Включение экологически важных осадков из тумана в измерения, как это было проведено, например, в исследованиях на Гогенпейсенберге в Верхней Баварии, показывает, что они косвенным путем выравнивают это задерживание.

DISKUSSION

- FLIRI:** Wie lange sind die Meßreihen der Profile über den Basishügel der Station gewesen? Wieviele mm Niederschlag wurden gemessen?
- PRUTZER:** Zusammenhängend wurden zwei Monate gemessen, wobei im Ombrographen auf der Stationsbasis 139 mm Niederschlag anfielen. Ähnliche Messungen wurden auch in anderen Jahren durchgeführt. Eine einmonatige Messung im Profil der Beerrinne führte ich zum Vergleich an. Es ist überraschend, wie gleichsinnig sich die Niederschlagsverteilung auf der Luvseite verhält.
- FLIRI:** Ich habe den Verdacht, daß die Differenzen nicht signifikant sind! Man täuscht sich sehr! Sogar bei den langen Klimareihen, den 30- oder 50-jährigen, findet man Unterschiede, wenn man verschiedene Stationen vergleicht. Man sagt, der eine Ort ist trockener, der andere ist feuchter, und wenn man den Dingen auf den Grund geht, kommt man darauf, daß die Differenzen überhaupt nicht signifikant sind, sondern innerhalb der Zufallsgrenzen liegen.
- PRUTZER:** In diesem Fall sind 30-jährige Meßreihen praktisch undurchführbar. Aber ich glaube, sie sind auch nicht nötig. Denn Differenzen bis 48 %, bezogen auf den Regenschreiber, und bis 70 % an Absolutwerten dürften bereits außerhalb der Zufallsgrenzen liegen. Hingewiesen sei auch noch darauf, daß im Hinblick auf Erscheinungen, die im Gefolge der Konstanz des Kleinreliefs auftreten - ich denke da vor allem an die von Dr. FRIEDEL seit Jahrzehnten eingehend untersuchten Schneepfer-Linien - kurzfristigeren Messungen mehr Aussagegewert als gewöhnlich zugesprochen werden kann. Das soll allerdings nicht heißen, daß die Messungen abgeschlossen sind. Im Gegenteil wir werden uns bemühen, die Meßreihen zu wiederholen und das wenigstens über eine Vegetationsperiode.
- Ergänzend zu meinen Ausführungen möchte ich noch sagen, daß das Manko an gemessenem Niederschlagsabsatz an der Kante des Basishügels zu einem geringen Teil dadurch prägnanter ausgefallen sein mag, daß auch einige Südwestlagen in die Auswertung der Messung mit eingegangen sind. Die hierbei talauswärts strömenden Winde bewirkten nämlich auf der - allgemeinen Luvseite einen schwachen Lee-Effekt, also wiederum eine Verringerung des Niederschlagsabsatzes im Bereich jener Kante. Es kam also eine Doppelwirkung zustande: Der Luv-Effekt im Kleinrelief wurde durch den Lee-Effekt der Südlagen zum Teil verstärkt.
- FLIRI:** Noch eine Bemerkung: Sie haben gesagt, daß der Nebelniederschlag in inneralpinen, mehr kontinental getönten Bereichen doch nicht diese Rolle spielt. Nun könnte ich mir vorstellen, daß sich das Wasser hier mehr als Minimumfaktor auswirkt, daß diese geringen Anteile von Nebelniederschlag doch eine Rolle spielen. Prof. LARCHER hat mich in einem Gespräch darauf hingewiesen, daß es in einem Gebiet am Gardasee bei ganz niedrigen Niederschlagsmengen eine Vegetation gibt, die nach den klimatologischen Daten gar nicht vorkommen dürfte. Ihr Vorhandensein erklärt er mit Auskämmen aus dem Nebel! Und ständige Nebeldecken haben wir ja auch - wie uns gerade Dr. FRIEDEL veranschaulichte. Dr. GRUNOW vergleicht in einer Arbeit erstmals Nebeldecken flächenhaft über größere Räume und findet u.a., daß z.B. der Nebelniederschlag größer sein kann als der im Regenschreiber gemessene Niederschlag.
- PRUTZER:** Ich erwähnte, daß GRUNOW in Fichtenbeständen eine Niederschlagszurückhaltung von 39 % gemessen hat und daß unter Einbeziehung des Nebelniederschlags dieser Prozentsatz auf 5 zurückgegangen ist. Das

heißt, es ist praktisch kein Unterschied mehr vorhanden gegenüber der Freifläche. GRUNOW verwendete bei seinen Messungen selbst-konstruierte Nebel-Niederschlagsmeßgeräte.

Für Obergurgl-Poschach ergeben sich 8 - 10 Nebeltage in der Vegetationsperiode: eine im Verhältnis zu den nördlichen Alpenrandgebieten sehr geringe Anzahl an Nebeltagen! Darauf bezogen wäre meine Bemerkung bezüglich des Nebelniederschlags im kontinentalen inneralpinen Klimabereich zu verstehen.

FRIEDEL: Wir selbst haben zu Beginn unserer Beobachtungen in Obergurgl Nebelniederschlagsmessungen durchgeführt und sind dabei zu ganz erstaunlichen Werten gekommen. Wir sind hiebei nicht nur nach GRUNOW vorgegangen, sondern haben ebenso festgestellt, daß gerade der Nebelwind vektorieell eingreift und der Nebelniederschlag wiederum in ganz bestimmte Richtungen abgesetzt wird. Herrn Prof. FLIRI muß ich übrigens auch in dem einen Punkt recht geben: Oft genug noch haben wir viel zu kleine statistische Massen. Wir leiden an der Schwäche, daß wir die großartigsten Anfänge haben, das Begonnene aber nicht zu Ende führen können. Wir kommen zu wenig zu Material, wir können zu wenig messen, wir können zu wenig auswerten, weil wir zu wenig sind. Auch stellt der ständige Dienst in über 2000 m Höhe an die körperlichen Kräfte der Leute hohe Anforderungen und es gibt immer wieder einen Ausfall durch Krankheit.

HOLTMEIER: Ich habe noch einen kleinen Beitrag zu dem Problem der Nebelverteilung aus dem Oberengadin. Und zwar handelt es sich um das lokalklimatische Phänomen der "Malojaschlange" und deren Einfluß auf die Verbreitung der Fichte. Durch die besondere orographische Situation am Malojapaß (1815 m) kommt es bei Schlechtwetterlagen südlich der Alpen und den dann herrschenden südwestlichen Luftströmungen zu einem starken Stau und dadurch zur Kondensation. Von der Paßhöhe kriecht dann ein grauer und quirlender Wolkenschlauch, die "Malojaschlange" engadinabwärts. Auf Grund des geringen Gefälles der Talsohle (7 %) fehlt ein wolkenauflösender Föhnneffekt, so daß die Malojaschlange ca. 18 km talwärts bis zum Stazer See vorstoßen kann. Der Expositionsgegensatz der beiden Talflanken bewirkt, daß sie sich bei Aufklaren auf dem SE-exponierten Hang rasch auflöst, während sie auf dem NW-exponierten Schattenhang noch lange liegen bleibt. Nur in diesem Bereich ist die Fichte häufig vertreten. Außerhalb dieser Zone gesteigerter Feuchtigkeit setzen die Fichtenvorkommen erst talwärts von Bever ein. Dort handelt es sich aber um die Unterengadiner Rasse, die mit dem von der grobastigen Bergeller Fichte gebildeten Areal im Bereich der Malojaschlange nicht in Verbindung steht. Dieses Beispiel zeigt, daß die meßtechnisch so schwer erfassbaren Nebelniederschläge ökologisch mitunter von ausschlaggebender Bedeutung sein können und deshalb nicht ohne weiteres vernachlässigt werden können.

KAFKA: Die erstaunliche Retention der Niederschläge im Zirbenwald - soll die so ausgelegt werden, daß sich der Zirbenwald nicht verjüngen kann oder daß in Zirbenbeständen Sukzessionen stattfinden, die das Waldbild umändern? Denn die Saumverjüngung umgeht ja die Retention des Kronendaches, aber sie ist ein Kunstgebilde, das außerhalb dieser Diskussion steht. Die Schneeablagerung, die ja in diesen Gebieten optimal genannt werden kann, dürfte allein nicht immer ausreichen, um den Unterwuchs ausreichend mit Feuchtigkeit zu versorgen.

PRUTZER: Ich habe mich hier an Angaben gehalten, wie sie TURNER in einer Veröffentlichung vermerkt. Nun sagt man mit Recht, daß Zirbenbestände in solcher Dichte eine große Seltenheit sind. Ich bin darüber

aus Zeitmangel hinweggegangen. Die Tatsache, daß fast drei Viertel des Niederschlags zurückgehalten werden, betrifft vor allem den Raum unter den Kronen, innerhalb der Traufe.

JELEM:

Natürliche Zirbenwälder sind dicht geschlossen, wenn ihr Wachstum nicht vom Menschen gestört wird. In ihrem Verbreitungsoptimum entstehen in geschlossenen Beständen Feinmoderauflagen, während sich in aufgelockerten und verlichteten Beständen Rohhumus bildet. Bei optimalen Standortsbedingungen ist die Zirbe schattenertagend und sie findet auch im Nebenbestand ihr Fortkommen, sodaß hier ein plenterartiger Bestandaufbau möglich ist. Sie bevorzugt oft Schattlagen, wo höhere und ausgeglichene Luftfeuchtigkeit herrscht, und wo auch dicht geschlossene Bestände häufiger sind. Der Nebel hat im Bereich kontinentaler Trockentäler wahrscheinlich einen größeren Einfluß auf die Verbreitung der Zirbe als allgemein angenommen wird.

PURRER:

Mein Diskussionsbeitrag bezieht sich auf alle Vorträge und erwartet keine Antwort.

Ich glaube, daß bei der bisherigen Erforschung der Probleme eines noch sehr außer acht gelassen wurde, das ist die Dynamik, die der Hochlagenaufforstung innewohnt. Wir haben z. B. aus Ihrem Vortrag gehört, wie unterschiedlich die Verhältnisse auf der Freifläche, in den Verjüngungen, in den geschlossenen Beständen und in den aufgelockerten Beständen sind. Ich möchte damit bewußt nur auf die kleinräumigen Entwicklungen aufmerksam machen und nur am Rande auf die großräumigen Änderungen hinweisen, die sich ergeben würden, wenn es etwa gelänge, die Waldgrenze in Tirol vielleicht um 100 m höher zu rücken. Auf die kleinräumigen, insbesondere kleinklimatischen Entwicklungen, sollte man bei der weiteren Erforschung der Hochlagenaufforstung künftighin Obacht geben. Wenn man die Hochlagenaufforstung vorantreibt und dies gruppenweise macht - die großflächige Aufforstung wäre ja sehr problematisch - dann ergeben sich für die Restflächen zwischen den Aufforstungsflächen und für die Aufforstungsflächen selbst, mit fortschreitender Entwicklung immer wieder neue Verhältnisse.

Darauf wollte ich aufmerksam machen und meine Bitte nochmals dahingehend richten, daß die Dynamik neben der Statik bei den künftigen Forschungen noch mehr in den Vordergrund zu rücken wäre.

FRIEDEL:

Das ist ein sehr wichtiger Gesichtspunkt. Wir hätten aber die Vortragszeit noch mehr überschritten, wenn wir darauf eingegangen wären. Ich kann aber bestätigen, daß diese Dynamik im Stationsgebiet an der Beerrinne in sehr eindrucksvoller Weise vor sich geht. Der spontane Zirbenjungwuchs ist relieforientiert und im wesentlichen in einem Loiseleurietum aufgekommen. Das war vor 15 Jahren. Und jetzt steht er zumeist schon in einem Rhododendretum. Er hat also das Windfeld bereits stark ausgeglichen.

Weiters habe ich Ihnen gesagt, rätselhafterweise bildet die Waldgrenze, die ja meist aus Zirben besteht, der Form nach eine Isotherme, wie sie in der Wetterhütte wiedergegeben würde. In der Natur draußen gibt es dies nur bei Schlechtwetter. In Wirklichkeit ist die Sache dynamisch aufzufassen. Dieser spontane Jungwuchs, der reliefbedingt entstanden ist, beginnt nun zu arbeiten, sich sein Klima zu ändern - er kann wieder vorschreiten. Allmählich gestaltet sich in diesen Jungwuchszwickeln ein Klima, daß sie zusammenwachsen können, weil sie das Windfeld und die Temperaturen und alles geändert haben. Jetzt hat dieses Auf und Ab tatsächlich Isothermenform angenommen. Dieses Verhältnis wurde von den jungen Pflanzen, die dort aufwachsen, selbst hergestellt. Und darum ist kein Widerspruch mit der Wetterhütte, denn sie haben sich ihre Wetterhütte selbst gebildet. - Die Pflanzen stellen etwas her, was irgendwie hüttenartig ist, und auf einmal ist diese sonderbare Isotherme doch erklärt.

LITERATUR

- CZELL A. 1967: Beitrag zum Wasserhaushalt subalpiner Böden. Mitt. d. Forstl. Bundesversuchsanstalt Mariabrunn, H. 75
- FRIEDEL H. 1952: Gesetze der Niederschlagsverteilung im Hochgebirge. Wetter und Leben 4, H. 5 - 7
- FRIEDEL H. 1967: Verlauf der alpinen Waldgrenze im Rahmen anliegender Gebirgsgelände. Mitt. d. Forstl. Bundesversuchsanstalt Mariabrunn, H. 75
- GEIGER R. 1956: Das Wasser in der Atmosphäre als Nebel und Niederschlag. In: Handbuch der Pflanzenphysiologie, hrsg. v. W. Ruhland, Springer Verlag, Berlin, Band III: Pflanze und Wasser
- GRUNOW J. 1965: Die Niederschlagszurückhaltung in einem Fichtenbestand am Hohenpeißenberg und ihre meßtechnische Erfassung. Forstwiss. Centr.bl. 84. Jg
- KRONFUSS H. 1967: Schneelage und Ausaperung an der Waldgrenze. Mitt. d. Forstl. Bundesversuchsanstalt Mariabrunn, H. 75
- NEUWINGER I. 1961: Bodenfeuchtemessungen im Stationsgebiet Obergurgl. Mitt. d. Forstl. Bundesversuchsanstalt Mariabrunn, H. 59
- PRUTZER E. 1961: Die Verdunstungsverhältnisse einiger subalpiner Standorte. Mitt. d. Forstl. Bundesversuchsanstalt Mariabrunn, H. 59
- PRUTZER E. und CERNUSCA G. 1965: Meßprobleme und Instrumentar einer klimaökologischen Freilandstation. Mitt. d. Forstl. Bundesversuchsanstalt Mariabrunn, H. 66
- RUDLOFF H. v. 1965: Die Klimaschwankungen in den Hochalpen seit Beginn der Instrumenten Beobachtungen. Arch. Met. Geoph. u. Biokl. Serie B, Bd.13
- TURNER H. 1961: Die Niederschlags- und Schneeverhältnisse. Mitt. d. Forstl. Bundesversuchsanstalt Mariabrunn, H. 59

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Mitteilungen der forstlichen Bundes-Versuchsanstalt Wien](#)

Jahr/Year: 1967

Band/Volume: [75_1967](#)

Autor(en)/Author(s): Prutzer E.

Artikel/Article: [Die Niederschlagsverhältnisse an der Waldgrenze 173-205](#)