

GRUNOW

DIE NIEDERSCHLAGSMESSUNG MIT HANGPARALLELEN AUFFANGFLÄCHEN METHODE, ERFAHRUNGEN, FOLGERUNGEN

von

Dr. J. GRUNOW
Meteorologisches Observatorium Hohenpeissenberg
des Deutschen Wetterdienstes

SUMMARY :

The chief subject for hydrological precipitation research is the measurement of the quantity of water reaching the ground. If rain falls at an oblique angle, the standard raingauge collects on the windward side a smaller, on the leeward side a larger quantity than a sloped ground area of equivalent size. The difference between both slopes are not the same, because dynamical influences change the inclination angle of rainfall on the opposite sides in a different manner. This relation varies with increasing wind and with different types of precipitation. As each slope drains towards a different catchment, the varied distribution of precipitation must not be ignored. The true quantity is collected, provided the gauge is set vertically, the cylinder cut off parallel to the slope and the projection of the aperture is equal to the unit area. For representative measurements it is important to put up the gauge in places, where the natural currentfield is undisturbed, and also to bear in mind the windward side with the surplus of precipitation. Only then the vertical component of the area as well as of wind is obtained. The chief task of precipitation measurement is to collect in the gauge the same amount as received by the true surface also on sloped ground. With this in mind it seems necessary to clarify the definition.

* * *

ZUSAMMENFASSUNG :

Die für die Wasserhaushaltsrechnung kleiner Einzugsgebiete benötigte Grösse des auf den Erdboden gefallenen Niederschlags kann in geneigtem Gelände mit der üblichen Messmethode nur unvollständig ermittelt werden. Aus Vergleichsmessungen mit hangparallelen Auffangflächen werden die dynamischen Einflüsse auf den Einfallswinkel des Niederschlags und das Verteilungsbild abgeleitet. Die Erfassung des reellen Niederschlags im geneigten Gelände erfolgt unmittelbar nur mit hangparallelen Auffangflächen. Für die Aufstellung der Niederschlagsmesser ergeben sich aus dem Strömungsbild Hinweise, auch die geneigten Luvflächen zu berücksichtigen. Eine einheitliche Definition der Niederschlagsmessung sollte sowohl den Bedürfnissen der Hydrologie und Geländemeteorologie, als auch der Makroklimatologie entsprechen.

1. VORBEMERKUNG

Die Auseinandersetzung über die Methode der Niederschlagsmessung im geneigten Gelände hat sich zu einer Diskussion über die Definition des Niederschlags ausgeweitet. Dem Bedürfnis der Hydrologie, als Grundlage der Wasserhaushaltsrechnung kleiner Einzugsgebiete den gesamten, auf die reelle Erdoberfläche fallenden Niederschlag zu erfassen, vermag die bisher allgemein angewandte Messmethode eindeutig nur im Flachland zu entsprechen. Im geneigten Gelände steht die horizontale Messfläche in einem anderen Winkel zu den einfallenden Niederschlägen als die Erdoberfläche selbst. Die über der Kartenebene gelegene Hangfläche erhält darum bei Wind auf der Luvseite mehr, auf der Leeseite weniger Niederschlag als die horizontale Einheitsfläche. Der von der reellen Erdoberfläche empfangene und in der Hangebene gemessene Niederschlag wurde von HOECK ⁽¹⁾ zunächst als

« hy
logi
liefe
grös
Bro
senl
gest
dess
nach
auf
tisch
in S
Hyo
gen
treu
im
wor
der
Sta
Auf
sche
Erg
2. 7
mes
Grö
auf
men
trag
wen
hori
Ein
und
bezo
gene
wur
Die
wen
pert
Auf
auf
Dars
eine
die
Erde
gros
gleic
wäre
anzu
Strö
reali
denk
tion
Die
Syste
in di
Gesam

« hydrologischer », der in einer theoretischen Horizontalebene gemessene als « meteorologischer » Niederschlag definiert.

Einen wichtigen Beitrag zum Nachweis und zur Deutung dieser Unterschiede lieferten experimentelle Forschungen in den Naturlaboratorien kleinerer und grösserer Untersuchungsgebiete. Bei älteren Arbeiten (HORTON, GEIGER, HUDLESTON, BROOKS, PAGLIUCA) wurden normale Niederschlagsmesser verwendet, die entweder senkrecht zum Hang geneigt waren, oder deren Windschutz dem Hang parallel gestellt wurde. Das « Stereopluviometer » von PERS bestand aus einem Gefäss, dessen Rand der Kontur des repräsentierten Geländes schematisch und winkeltreu nachgebildet war. Bei neueren Arbeiten (HAYES, HOECK, GRUNOW) wurden senkrecht aufgestellte Zylinder mit hangparallel abgeschnittenen Auffangflächen von elliptischem Querschnitt benutzt. Weitere Vergleichsmessungen wurden von WICHT in Südafrika und HESSELBERG in Norwegen durchgeführt.

Der von HOECK zur Brüsseler Tagung der Internationalen Association für Hydrologie 1951 vorgelegte Bericht ⁽²⁾ gab weitere Ergebnisse von Vergleichsmessungen mit hangparallelen Geräten aus seinem Untersuchungsgebiet, der Baye de Montreux, bekannt und begründete die Einführung hangparallel auffangender Geräte im Rahmen einer einheitlichen Definition. Eine Stellungnahme von SERRA ⁽³⁾ befürwortet dagegen die Beibehaltung der klassischen Methode, erkennt aber das Bedürfnis der Hydrologie nach reellen Werten an und schlägt als Ergänzung der vorhandenen Standardaufstellungen ein zweites Gefäss mit einer einheitlich um 45° geneigten Auffangfläche vor. Untersuchungen mit hangparallelen Auffangflächen führte inzwischen GRUNOW ⁽⁴⁾ auf dem Hohenpeissenberg durch. Neuere, hier mitgeteilte Ergebnisse dieser Arbeiten mögen zur weiteren Klärung des Problems beitragen.

2. ZUR METHODE DER NIEDERSCHLAGSMESSUNG

Die klassische Methode der Niederschlagsmessung verwendet den Niederschlagsmesser mit horizontaler Auffangfläche, die einen Teil der Erdoberfläche von der Grösse einer Einheitsfläche repräsentieren soll. Im ebenen Gelände stimmt die so aufgefangene Menge mit der auf die reelle Erdoberfläche gefallenen Niederschlagsmenge überein. Die Messergebnisse können unmittelbar auf die Kartenebene übertragen werden. Im geneigten Gelände ist diese Übereinstimmung nur noch gegeben, wenn der Niederschlag senkrecht fällt. Bei Wind ergeben sich jedoch zwischen der horizontal aufgefangenen Menge und dem Niederschlag, den die über der horizontalen Einheitsfläche gelegene Hangfläche erhält, Unterschiede, die mit der Hangneigung und dem Einfallswinkel der Niederschlagsteilchen wachsen. Die auf die Kartenebene bezogenen Messergebnisse stimmen mit den von der wahren Erdoberfläche empfangenen Niederschlägen nicht mehr überein. Die dabei auftretenden Unterschiede wurden von SERRA ⁽³⁾ und GRUNOW ⁽⁴⁾ für die verschiedenen Verhältnisse dargestellt. Die von der Hangfläche empfangenen Mengen werden aber gleichwertig gemessen, wenn die Auffangfläche des Niederschlagsmessers einen Teil der Hangfläche verkörpert, also hangparallel ausgebildet und in der Projektion gleich der horizontalen Auffangfläche ist. Die Messergebnisse können dann ebenfalls ohne weitere Umrechnung auf die Kartenebene übertragen werden.

Von den Vertretern der klassischen Methode wird geltend gemacht, dass die Darstellung der Niederschlagsverhältnisse in der Kartenebene auch die Messung in einer dazu parallelen, also der horizontalen Ebene voraussetze. Damit wird auf die Übereinstimmung zwischen gemessenen bzw. dargestellten und der reellen Erdoberfläche tatsächlich zugefallenen Niederschlägen verzichtet. Nur bei einer grossräumigen Betrachtung kann der aus einem Wolkenfeld fallende Niederschlag gleich dem durch die Kartenebene fallenden gleichgesetzt werden. Die Kartenebene wäre dann über das Hindernis gelegt zu denken und das Hindernis als nicht vorhanden anzusehen.

In der Praxis werden die Messgeräte aber in Bodennähe aufgestellt, wo das Strömungsfeld durch das Hindernis deformiert ist. Im günstigsten — nicht realisierbaren — Falle kann man sich die Geräte so dicht nebeneinander aufgestellt denken, dass die gesamte Hangebene von Fangflächen überdeckt ist und die Projektion des Hanges, die Kartenebene, eine geschlossene Auffangfläche darstellt (Abb. 1, a). Die Auffangflächen der Niederschlagsmesser bilden dann ein auf den Hang gesetztes System von Stufen. Schräg einfallender Niederschlag fällt nun nur noch teilweise in die Gefässe. Auf dem Luvhang öffnet sich die dem Niederschlag entgegenstellende Gesamtfangfläche jalousieartig immer mehr, je grösser der Neigungswinkel des

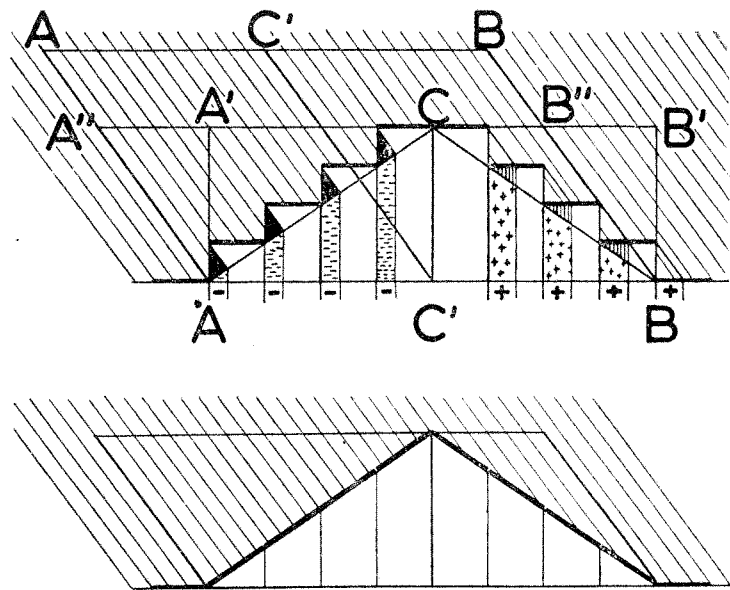


Abb. 1
Zur Methode der Niederschlagsmessung.

Hanges und der Einfallswinkel der Niederschlagsteilchen ist. Es geht der Anteil der vertikalen Flächenelemente (in der Abb. mit — gekennzeichnet) verloren. Im extremen Falle werden an einem Steilhang leichte Niederschlagsteilchen sogar aufsteigen und von der horizontalen Auffangfläche überhaupt nicht mehr erfasst werden. Trotz der geringen Fallkomponente der Teilchen wird die Hangfläche aber doch noch Niederschlag erhalten. In diesem Falle versagt die klassische Messmethode. Auf der Leeseite dagegen würden sich die einzelnen Fangflächen überdecken und der einem Einzelquerschnitt zufallende Niederschlag würde mehrfach zur Messung gelangen. Die Messwerte fallen dort zu hoch aus. Der Mehrertrag ist in der Abb. 1 mit + gekennzeichnet. Die aus dem Wolkenfeld fallenden Niederschläge verteilen sich auf die Hänge nicht im gleichen Verhältnis $A'C : CB'$, sondern im ungleichen Verhältnis $A''C : CB''$.

Stellt man sich dagegen die gesamte Hangfläche mit hangparallelen Fangflächen bedeckt vor, so entspricht das Messergebnis dieser Verteilung auf die Hänge (Abb. 1, b). Die aufgefängenen Mengen stehen zueinander im Verhältnis $A''C : CB''$. Ist die Projektion einer Fangflächeneinheit gleich der Einheitsfläche, so kann der Einzelmesswert sogleich auf die Kartenebene bezogen werden.

3. EINWÄNDE GEGEN DIE HANGPARALLELE METHODE

Von Vertretern der klassischen Methode wird geltend gemacht, dass (1) eine grossräumige Betrachtung auf die Unterschiede zwischen den Ergebnissen beider Methoden verzichten kann, da sie sich über einer grösseren Fläche wieder ausgleichen und (2) dem Fehlbetrag auf der einen Seite des Hindernisses ein gleich grosser Mehrertrag auf der anderen Seite gegenüberstehen.

Der Einwand zu (1) setzt voraus, dass der Hangeffekt lediglich die Niederschlagsverteilung, nicht aber die Niederschlagsbildung beeinflusst und dass die Niederschläge im gleichen Einzugsgebiet verbleiben. Das ist der Fall, wenn einzelne Hügel oder ein Becken betrachtet werden, dessen Luv- und Leehänge zum gleichen Abfluss entwässern. Meist bilden jedoch die angrenzenden und abschliessenden Rücken Wasserscheiden zwischen verschiedenen Einzugsgebieten, wie es aufragende Höhenzüge und Gebirgsketten immer sind. Nur sehr kleinräumige Gegebenheiten können darum bei der grossräumigen Betrachtung übersehen werden. Es hängt von der

Grössenordnung dieser Betrachtung ab, ob und wie weit auf die reell vorhandenen Unterschiede im Bild der Niederschlagsverteilung verzichtet werden kann. Die Methode der horizontalen Auffangflächen schränkt die Gültigkeit der Messergebnisse ausschliesslich auf eine solche grossräumige, einzelne Einzugsgebiete überspringende Betrachtung ein. Hierzu ein Beispiel:

Eine im Sommer 1953 am Nebelhorn (Allgäuer Alpen) in 1932 m NN durchgeführte Messreihe erfasste im oberen Teil des nach W zu offenen Taleinschnitts des Faltenbaches, der bei Oberstdorf in die Trettach einmündet, die Verhältnisse, wie sie für die östliche Abgrenzung des Einzugsgebietes der oberen Iller typisch sind. Die Messungen mit normalem Gerät an einem 25°-Hang ergaben für einen 4 Monate umfassenden Zeitabschnitt ein Defizit von 520 mm = 32 % (Tab. 1). Dieser Fehlbetrag könnte nur als ausgeglichen gelten, wenn er durch die auf den entgegengesetzten Osthängen oder am Talboden gemessenen Mengen kompensiert würde. Das ist aber nach den experimentellen Studien der Luv- und Lee-Effekte (², ⁴, ⁶) unwahrscheinlich. Auch die Einbeziehung des Einzugsgebietes des Lech in die Betrachtung würde diesen Ausgleich nicht bringen.

Der zweite Einwand, dass die auf den entgegengesetzten Hängen messmethodisch bedingten Differenzen sich ausgleichen, widerspricht ebenfalls den experimentell abgeleiteten Erfahrungen. Nur bei rein geometrischer Betrachtung des Problems könnte angenommen werden, dass die Einfallswinkel der Niederschlagselemente auf Hängen verschiedener Exposition gleich sind und der Fehlbetrag der einen durch den Mehrbetrag der anderen Seite gedeckt würde. Bei sehr schrägem Einfall des Niederschlags würde an einem hoch aufragenden Geländerrücken der Leehang völlig abgedeckt sein und niederschlagsfrei bleiben. Die natürlichen Verhältnisse zeigen ein anderes Bild. Die durch das Hindernis verursachte Deformation des Strömungsfeldes wirkt sich auf die Einfallswinkel, je nach Hangwinkel, Hangexposition, Windgeschwindigkeit und Grösse bzw. Gewicht der Niederschlagsteilchen verschieden aus. Ebenso hängt es von der Orographie, der Niederschlagsart und der Wetterlage ab, wie gross ein Gebiet sein muss, um den Ausgleich als gegeben anzunehmen. Diese dynamischen Einflüsse verändern die Niederschlagsverteilung nicht nur zwischen nahegelegenen kleineren Einzugsgebieten, sondern greifen auch über einzelne Flussgebiete hinaus. Es hängt wiederum von der Grössenordnung der Betrachtung ab, ob diese Änderung des Verteilungsbildes übersehen werden kann.

4. DYNAMISCHE EINFLÜSSE AUF DEN EINFALLSWINKEL

Die Hohenpeissenberger Messungen lassen eine Beurteilung der dynamischen Einflüsse auf den Einfallswinkel am Beispiel eines aus dem Alpenvorland um 300-400 m aufragenden, von WSW nach ENE streichenden Höhenrückens zu. Die Messfelder liegen, etwa 50 m unterhalb des Kammes, auf entgegengesetzt exponierten 20°-Hängen, die als Flanken bei der Umströmung des Rückens einer viel stärkeren Windwirkung unterliegen als das Hauptbeobachtungsfeld. In der Mehrzahl der Fälle wird der N-Hang von der niederschlagführenden Strömung stärker beaufschlagt und zeigt eindeutigere Luvwirkungen als der S-Hang, der dann als Leehang angesehen werden kann. Der Seitenwinkel des Einfalls ändert nicht das Verhältnis der in die Fallrichtung projizierten hangparallelen zu den horizontalen Auffangflächen. Mit zunehmendem Seitenwinkel nimmt die absolute Niederschlagshöhe auf die Hangfläche und auf die hangparallele Oberfläche um den gleichen Betrag, auf die horizontale Oberfläche im bekannten Verhältnis (hangparallel : horizontal) ab. Die zu erwartenden Unterschiede der nach beiden Methoden gewonnenen Messergebnisse werden wegen der Flankenwirkung (GEIGER, ⁵) nicht so extrem ausfallen wie bei eindeutig überströmten Hindernissen. Um so eindringlicher weisen die Ergebnisse der Hohenpeissenberger Untersuchungen auf die Bedeutung des Problems hin.

Ein aus allen Tagesmessungen nach dem Mengenverhältnis hangparallele : horizontale Auffangfläche ermitteltes Spektrum der senkrecht auf den Hang gerichteten Komponente des mittleren Einfallswinkels der Niederschlagsteilchen, nach 5°-Bereichen zusammengefasst (Abb. 2), zeigt eindeutig, dass sich die Einfallswinkel auf den verschiedenen Hängen nicht decken. Auf der Luvseite liegt das Häufigkeitsmaximum für alle Niederschlagsarten etwa bei 22° bei einer Schwankungsbreite zwischen etwa — 30° und 60° für Regen und, breit gestreut, zwischen — 35° und fast 70° für Schnee. Demgegenüber zeigt der S-Hang ein viel schmaleres Band zwischen — 35° und + 35° (Regen) bzw. — 50° und 45° (Schnee) mit einem Maximum bei — 16°. Die geringere Schwankungsbreite auf dem Leehang ist auf den Windeinfluss

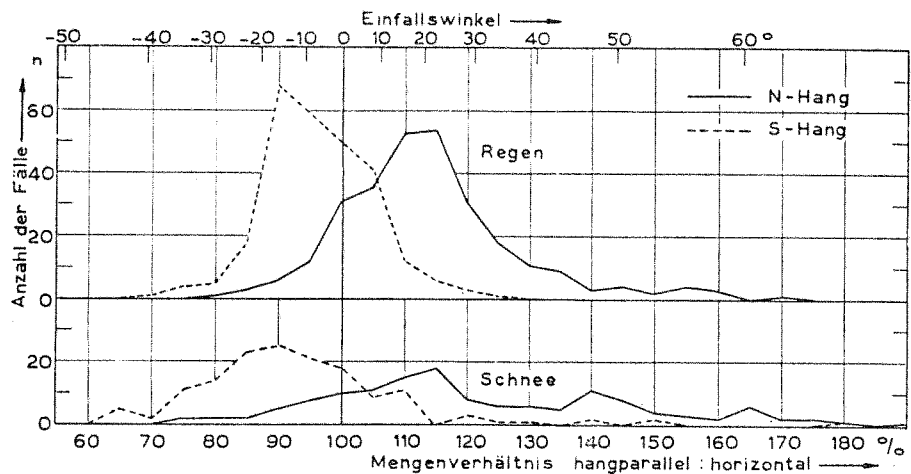


Abb. 2
Spektrum des mittleren Einfallswinkels der Niederschlagsteilchen (senkrecht auf den Hang gerichtete Komponente) an 20°-Hängen, abgeleitet aus dem Mengenverhältnis hangparallel : horizontale Auffangfläche.

zurückzuführen. Mit zunehmender Windstärke bildet sich dort ein Leewirbel aus, der die Einfallswinkel wieder zurückdrehen lässt, während sie gleichzeitig auf der Luvseite immer grösser werden.

Der Windeinfluss geht noch klarer aus der Abb. 3 hervor, wo die Abweichungen zwischen beiden Messmethoden aus den nach Windstufen geordneten Tageswerten, getrennt nach Regen und Schnee, dargestellt sind. Als Mass für den Fehlbetrag der horizontal auffangenden Geräte nimmt der Einfallswinkel auf der Luvseite mit wachsender Windgeschwindigkeit stetig zu, erreicht bei 5 m/sec etwa 30° und überschreitet bei 10 m/sec 50°. Für die leichteren Schneeteilchen wird dieser Winkel schon bei 6 m/sec überschritten. Auf der Leeseite ergeben sich ganz andere Verhältnisse. Der Einfallswinkel für Regen überschreitet nicht - 10°, der für Schnee nicht - 20°, um dann wieder zurückzudrehen. Bis zu einer Grenzgeschwindigkeit von 6 bis 7 m/sec erhält die horizontale Fangfläche eine geringe, jedoch nicht reelle Mehreinnahe. Bei noch stärkerem Wind bildet sich in der Höhe des Messfeldes bereits ein Leewirbel aus und bringt der oberen Hangfläche ebenfalls einen horizontal nicht erfassten Mehrbetrag.

Der den Windeinfluss modifizierende Einfluss des Gewichts der Niederschlags-teilchen lässt sich näherungsweise aus den mittleren Einfallswinkeln bei Ordnung aller Tageswerte nach Stufen der Niederschlagssummen für die einzelnen Niederschlagsarten darstellen (Tab. 2) (siehe auch GEIGER ⁽⁵⁾). Die grössten Einfallswinkel auf der Luvseite zeigen Schnee und Niesel- bzw. Landregen; sie bedingen Unterschiede zwischen hangparalleler und horizontaler Messung von 35 bis 20 % (Schnee) bzw. 20 bis 10 % (Regen), während die grosstropfigen Schauerniederschläge nur zwischen 5 und 10 % voneinander abweichen. Den mengenmässig grössten Anteil nehmen die ergiebigen Landregen ein, deren Messung mit horizontaler Auffangfläche um 14 % zu geringe Mengen ergibt. Ein Ausgleich dieses Defizits auf dem entgegengesetzten Hang kann nicht stattfinden, da die Einfallswinkel dort nur bei Schnee und stärkeren Schauerregen über 10° liegen, sonst aber nur wenige Grade von der Senkrechten abweichen. Die ergiebigen Landregen weisen dort bei horizontaler Messung nur ein Defizit von 2 % auf.

Mit diesen Ergebnissen von Vergleichsmessungen aus einem kleinräumigen Untersuchungsgebiet — grosse Unterschiede auf der Luvseite und geringe Differenzen im Lee — stimmen die aus grösseren Gebieten bei ganz anderen Dimensionen völlig überein. Die in der Baye de Montreux gefundenen Abweichungen wurden von HOECK in seinen Berichten ausführlich dargestellt und diskutiert ^(1, 2). Die Messungen von HAYES ⁽⁶⁾ im Priest River Experimental Forest (Idaho, USA) zeigen von je

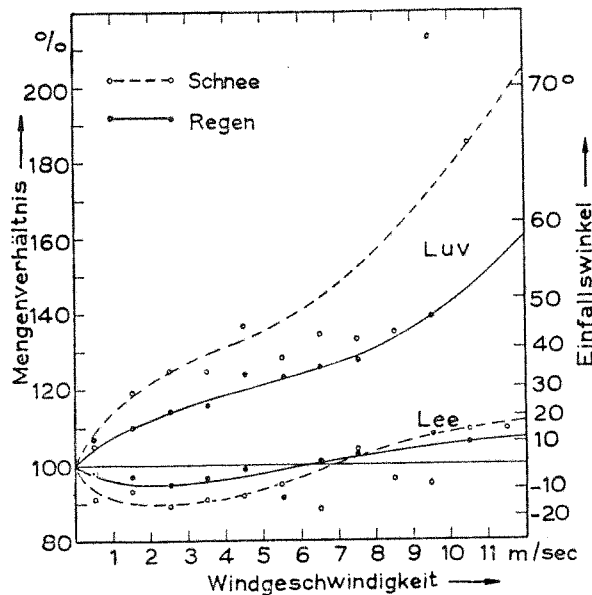


Abb. 3
Abhängigkeit des Einfallswinkels von der Windgeschwindigkeit,
abgeleitet aus dem Mengenverhältnis
hangparallele : horizontale Auffangfläche.

drei Höhenlagen einer N- und einer S-Exposition ebenfalls sehr verschiedene Abweichungen (6 bis 20 % gegenüber 1 bis 5 %). Verwendet wurden dort Niederschlagsmesser mit horizontaler und hangparalleler Auffangfläche in versenkter Aufstellung, die störenden Windeinflüssen weitgehend entzogen waren.

5. AUSWIRKUNGEN AUF DAS VERTEILUNGSBILD

Die dynamisch bedingte Variation der Einfallswinkel des Niederschlags, die zu sehr verschiedenen Messfehlern führt, ergibt bei der Zusammenschau hangparallel gemessener Niederschläge ein ganz anderes Verteilungsbild. Nach den Vergleichsmessungen am Hohenpeissenberg (Tab. 3) würde sich für die gesamte Messreihe auf dem S-Hang unter bevorzugter Leewirkung bei Messungen mit horizontaler Auffangfläche eine um 7 % (Regen) bzw. 45 % (Schnee) höhere Niederschlagsmenge ergeben. Die Parallelmessungen mit hangparallelen Geräten lassen erkennen, dass dieser Effekt für Regen nur vorgetäuscht ist und für Schnee viel schwächer in Erscheinung tritt. Es entspricht den Erwartungen, dass die grössere Regenmenge auf der Luvseite aufgefangen wird. Das Verhältnis Lee : Luv unterscheidet sich bei beiden Methoden um 16 % (Regen) bzw. 31 % (Schnee), die einem absoluten Betrag von 370 mm bzw. 70 mm entsprechen. Der Einfluss der Niederschlagsintensität für die verschiedenen Niederschlagsarten auf das nach den verschiedenen Methoden sich ergebende Verteilungsbild geht aus der Tab. 4 hervor. Die Ergebnisse hangparalleler Messungen gleichen hier, wie auch bei GEIGER, HOECK und HAYES, die Differenzen zwischen den verschiedenen Expositionen mehr aus und erscheinen auch aus diesem Grunde vernünftiger. Wenn nach diesen Arbeiten gegenüber den bisherigen Messungen für die Luvseiten höhere Niederschlagsmengen und für die Leeseiten nur geringe Unterschiede wahrscheinlich gemacht werden, so wird man den Ausgleich auf der dem Winde abgekehrten Seite in grösserer Entfernung vom Hindernis suchen müssen. Strömungstechnische Überlegungen und unsere Kenntnis von grossräumigen Regenschattengebieten sprechen für diese Annahme.

Einem gegenüber den Hohenpeissenberger Ergebnissen bekannt gewordenen

Einwand, dass die abgeleiteten Änderungen des Verteilungsbildes nur von lokal-klimatologischer Bedeutung sind, muss nochmals die Gleichsinnigkeit der Ergebnisse aus den verschiedensten, auch grösseren Untersuchungsgebieten entgegengehalten werden. Es besteht kein Grund dafür, die hier gewonnenen Ergebnisse nicht auch, sogar in viel extremerer Form, auf grössere Räume zu übertragen. Selbst am Hohenpeissenberg entwässern die entgegengesetzten Hänge in verschiedene Flussgebiete, der N-Hang zum Lech und der S-Hang zur Isar. In höheren Lagen nehmen die Hänge viel grössere Flächen ein und erhalten für den Wasserhaushalt ganzer Einzugsgebiete erhöhte Bedeutung. Diese Lagen stehen im allgemeinen auch unter viel stärkerem Windeinfluss und weisen einen höheren Schneeanteil auf, der den Messfehler noch grösser werden lässt. Das beweisen vor allem die Messungen von HOECK in der Baye de Montreux, aber auch die von hier aus durchgeführten Messungen am Nebelhorn. Messergebnisse von 2 Monatstotalisatoren mit hangparallelen Auffangflächen, die im Ammergebirge (1620 m) und in den Allgäuer Alpen (1930 m) im Herbst 1953 in der Nähe vorhandener normaler Geräte aufgestellt wurden, sollen weiteres Material zur Abschätzung der Grösse des Messfehlers im Gebirge erbringen. Über Ergebnisse dieser Messungen kann heute noch nicht berichtet werden.

6. AUSWIRKUNGEN AUF DIE HÖHENVERTEILUNG DES NIEDERSCHLAGS

Der mit der Höhe wachsende Messfehler bei den normalen Geräten führt auch zu einer unzutreffenden Beurteilung der Höhenverteilung der Niederschläge. Es sei an die von WAGNER (7) geübte Kritik an den Niederschlagsmessungen in den höheren Gebirgslagen erinnert. PERS (8) leitete theoretisch aus dem Verhältnis der vertikalen zu den horizontalen Flächenelementen des Geländes und dem aus Windgeschwindigkeit und Tropfengrösse abgeleiteten Fallwinkel der Niederschlags-elemente für verschieden hoch gelegene Messstellen an den Abhängen des Grand-Som und der Oisans statt einer Differenz von 900 zu 1900 mm (Verhältnis 2,1) eine solche von 640 zu 2450 mm (Verhältnis 3,8) ab. Bei den Untersuchungen von HAYES (9) ergab sich auf dem S-Hang als Luvseite beim Anstieg von 2700 auf 5500 ft Höhe mit normalen Geräten, entgegen den Erfahrungen, zunächst eine Abnahme des Niederschlags und dann erst eine Zunahme. Mit hangparallelen Auffangflächen zeigte die Höhenverteilung das normale Verhalten; die Zunahme des Niederschlags betrug 6.4 inch, während sie mit horizontalen Auffangflächen nur zu 3.7 inch ermittelt wurde. Aus den Untersuchungen von HOECK (1, 2) sei hier nur das Stationspaar Pontes (1370 m) und Cape au Moine (1870 m) gegenübergestellt, wo sich auf Grund dreijähriger Messungen mit normalen Geräten über dem nach W zu offenen Hang eine anormale Abnahme des Niederschlags um 480 mm ergab, während die hangparallelen Auffangflächen eine den Erwartungen entsprechende Zunahme von 40 mm brachten. Diese Beispiele lassen sich auch auf andere und grossräumigere Gebiete übertragen. Dass die Frage der Höhenverteilung des Niederschlags heute noch keine allseits befriedigende Klärung finden konnte, mag zum Teil an der unzureichenden Niederschlagsmessung mit horizontal auffangenden Geräten begründet sein.

7. ERFASSUNG DER REELLEN NIEDERSCHLÄGE

Für den Hydrologen wäre es gleichgültig, welche Menge, horizontal oder hangparallel aufgefangen, er erhält, wenn er nur die Möglichkeit hätte, die eine aus der anderen abzuleiten. Aber die Einflüsse auf die von der geneigten Fläche reell empfangenen Niederschläge sind so vielfältig, dass deren Berechnung nach den Ergebnissen eines horizontal auffangenden Niederschlagsmessers nicht möglich ist. Hangneigung, Exposition der Hänge, Konfiguration des umliegenden Geländes formen das Strömungsfeld des Windes, das zusammen mit dem Gewicht der Niederschlagsteilchen deren Einfallswinkel bestimmt. Um die über der Kartenebene gefallen reellen Niederschläge zu errechnen, wären der Windvektor und der Einfallswinkel integrierend messtechnisch zu erfassen und diese Elemente zu den horizontal gemessenen Niederschlagsmengen in Beziehung zu setzen. Die Anwendung der hierfür von SERRA (10) vorgeschlagenen Nomogramme müsste sich auf rohe Annahmen stützen, da Erfahrungs- und Mittelwerte über Fallrichtung und -geschwindigkeit der Niederschlagsteilchen fehlen, oder aber die laufende Ermittlung des Windvektors und der Tropfengrösse am Platz der Niederschlagsmessung erforderlich machen.

Wohl aber lässt sich umgekehrt der auf die horizontale Fläche fallende Niederschlag aus den Angaben eines hangparallelen Messers berechnen. Diese nach einfachen geometrischen Beziehungen aus dem Hangwinkel zu errechnende Menge entspricht sogar der gesuchten Grösse besser, weil sie die Deformation des Strömungsfeldes durch das Hindernis berücksichtigt, die bei horizontaler Messung unbeachtet bleibt und den Messfehler auch in Bezug auf die Horizontalebene wirksam werden lässt. Die Ermittlung der durch eine horizontale Fläche über dem Hindernis fallenden Niederschlagshöhe stellt sich somit, worauf schon HOECK hinweist, als ein Spezialfall des allgemeineren Problems dar, den auf die reelle Oberfläche fallenden, auf deren Projektion in die Kartenebene bezogenen Niederschlag zu erfassen (BROOKS).

Als ein Befürworter der klassischen Methode macht SERRA ⁽¹³⁾ den Vorschlag, dem berechtigten Bedürfnis der Hydrologie nach Messwerten, welche den von der geneigten Fläche empfangenen realen Niederschlag abzuleiten gestatten, den Doppelregenschirm einzuführen. Er besteht aus einem Gefäss mit horizontaler Oberfläche und einem zweiten Gefäss dessen Oberfläche eine um 45° geneigte Ebene bildet. Diese geneigte Ebene soll fest in der Ebene der grössten Hangneigung stehen. Aus den Angaben beider Geräte kann der Fallwinkel des Niederschlags und mit diesem der reell auf die Hangfläche gefallene Niederschlag berechnet werden. Das Verfahren ermittelt die Ergebnisse für zwei theoretische Ebenen und erfordert eine nicht unbeträchtliche Mehrarbeit. Der Vorschlag erwächst aus dem Wunsch, an allen Stationen, auch denen im geneigten Gelände, gleichartige Messgeräte einzusetzen. Stellt man jedoch als Forderung die Erfassung des realen Niederschlags für die repräsentierte Erdoberfläche, so erscheint es sinnvoller, den zweiten Niederschlagsmesser mit einer Auffangfläche zu versehen, dessen Ebene die Hangfläche selbst repräsentiert, also hangparallel abgeschnitten ist. Die Projektion dieser Auffangfläche auf die Kartenebene muss allerdings der Einheitsfläche entsprechen und schräg auf einen vertikalen Zylinder vom Durchmesser dieser Einheitsfläche geschnitten sein. Das normale Gerät, dessen Zylinder lediglich geneigt wird, bis seine Auffangfläche parallel zur Hangfläche liegt, erfüllt diese Forderung nicht.

Auch eine andere bekannt gewordene Lösung, ein normales Auffanggefäss durch eine Dreikomponenten-Windfahne immer in die Richtung des einfallenden Niederschlags zu bringen, vermag das Problem nicht zu lösen. Die universelle Niederschlagsmessung hat den auf die reelle Erdoberfläche fallenden Niederschlag, nicht dessen Intensität in der ständig schwankenden Einfallsrichtung zu erfassen. Es mag indessen zu orientierenden Untersuchungen über die dynamischen Einflüsse auf den fallenden Niederschlag mit Nutzen verwendet werden. Der dreidimensionalen Erfassung des Niederschlags dienen auch das von PERS ⁽⁸⁾ vorgeschlagene « Ortho-Pluviometer », vier Behälter mit senkrechter, in die Hauptwindrichtungen orientierter, und einer mit horizontaler Öffnung, und der Kugelniederschlagsmesser von HAAS-LÜTSCHG ⁽⁹⁾. Diesen Geräten bleibe es vorbehalten, jene Stellen im Gelände ausfindig zu machen, die möglichst frei von Turbulenzwirkungen grösseren Umfangs sind und sich zur repräsentativen Aufstellung von Niederschlagsmessern eignen.

8. FORDERUNGEN AN DEN MESSPLATZ

Für die Auswahl repräsentativer Aufstellungen gilt die Regel, den Niederschlagsmesser an möglichst windgeschützten Plätzen aufzustellen. Im gebirgigen Gelände werden diese meist im Lee von Hindernissen liegen und damit ganz andere Strömungsverhältnisse aufweisen, wie es für die windreichere Umgebung typisch ist. Sie sind den naturgegebenen dynamischen Verhältnissen weitgehend entzogen, obwohl deren Erfassung und Berücksichtigung als grundlegende Forderung für den Einsatz von Niederschlagsmessern anzusehen ist (LÜTSCHG, ¹⁰). Die dort gewonnenen Messergebnisse werden im allgemeinen mehr den auf einem Leehang niedergegangenen Mengen entsprechen, die für einen Luvhang charakteristischen Mengen aber nicht erfassen. Ein Vergleich der am Hohenpeissenberger « Hauptfeld », einem von Fichtenreihen und Waldbestand weiträumig umgebenen windgeschützten Platz, gewonnenen Messergebnisse mit den auf den frei exponierten Hangfeldern hangparallel aufgefangenen Niederschlagsmengen (Tab. 5) zeigt bei Regen nahezu volle Übereinstimmung mit den Werten vom Südhang, gegenüber dem Nordhang aber ein Defizit von 200 mm. Bei Schnee erhält dieser Platz durch einen grossräumigen Leewirbel den grössten Anteil, 120 mm mehr als der S-Hang und 220 mm mehr als der N-Hang. Die höheren Schneeeablagerungen in diesem begrenzten Gelände bestätigen dieses Messergebnis. Schon für das Flachland können nach Untersuchungen

von HUDLESTON ⁽¹¹⁾ und KORHONEN ⁽¹²⁾ befriedigende Messergebnisse erst in einem Abstand von mindestens 1 : 3 der Hindernishöhe erwartet werden. Bei geringerem Abstand fallen vor allem die Regenmengen viel zu niedrig aus. Das belegen auch die Ergebnisse der Hohenpeissenberger Messstelle NR, die im Lee einer Fichtenreihe im Abstand von 1 : 1 der Höhe der Baumkronen eingerichtet wurde. Die hier gemessene Regenmenge bleibt hinter der des nur 100 m entfernten Hauptfeldes im betrachteten Zeitraum um 59 mm, hinter der des Leehanges sogar um 76 mm zurück. Die Verhältnisse des stärker beregneten Luvhangs werden durch diese windgeschützten Aufstellungen noch weniger erfasst.

Um die Niederschläge im Gebirge in ihrer vollen Höhe zur Messung zu bringen, erscheint es unbedingt notwendig, auch die ungestörten Luvflächen zu erfassen und die durch das ansteigende Gelände bewirkte Vertikalkomponente des Strömungsfeldes durch die hangparallele Auffangfläche zu berücksichtigen. Bei der Auswahl geeigneter Plätze am freien Hang sollten Unregelmässigkeiten des Geländes vermieden werden, um Turbulenzeffekte an Bodenwellen und -senken weitgehend auszuschalten ⁽²⁾. Ebenso sollten Aufstellungen in der Nähe von Graten und Rücken, aber auch in Kesseln und anderen zu grossräumiger Wirbelbildung neigenden Geländestellen vermieden werden, wenn die Messwerte für eine grössere Fläche repräsentativ sein sollen.

9. ABSCHIRMEN DER GERÄTE

Mit der Forderung nach freier gelegenen Aufstellungsplätzen verbindet sich die Frage, ob die Anbringung eines Windschutzes zweckmässig oder notwendig ist. Nach älteren Untersuchungen wird die Wirkung des Nipher'schen Trichters zur Verringerung des durch den Jevons-Effekt hervorgerufenen Messfehlers in Frage gestellt bzw. am Hang aufgehoben (RÖSTAD, HARTMANN BASTAMOFF und WITKIEWITSCH, MERCANTON). BROOKS ⁽¹³⁾ befürwortet die Verwendung von Schutztrichtern, deren Oberfläche ebenfalls parallel zum Hang auszubilden ist. An Stelle des üblichen, kegelförmigen, lediglich geneigten Mantels schlägt er für Registriergeräte neuerdings ⁽¹⁴⁾ unsymmetrische, der Hangneigung angepasste Rotationsflächen vor. Eine Parallelmessung von HOECK ⁽¹⁾ mit hangparallelen Geräten mit und ohne Schirm in 1845 m bei der Station Cape au Moine ergab über 5 Monate praktisch keinen Unterschied der aufgefangenen Mengen (945 : 956 mm). Am Hohenpeissenberg sind Versuche über die Wirkung eines Schirms noch nicht unternommen worden. Eine mögliche Fälschung der hangparallelen Aufstellungen ($h_r = 1.5$ m) kann jedoch durch einen Vergleich mit versenkten Geräten, deren hangparallele Auffangflächen in Höhe der Erdoberfläche liegen, beurteilt werden. Die Tagensumme von 34 Tagen mit stärkerem Wind (4 m/sec) (Tab. 7) ergaben nahezu volle Übereinstimmung. Danach kann unter nicht extremen Verhältnissen am Hang auf die Verwendung eines Schirmes verzichtet werden. Es darf nicht übersehen werden, dass der Schirm ebenfalls das Strömungsbild verändert und die Störungszone um das Gefäss vergrössert. Die hangparallele Ausrichtung der Auffangfläche berücksichtigt bereits die durch die Vertikalkomponente des Windes bewirkte Zunahme des Einfallswinkels. Jedoch dürfte über die Wirkung eines Schirmes bei hangparallelen Aufstellungen das letzte Wort noch nicht gesprochen sein.

10. FOLGERUNGEN

Die Anwendung des hangparallelen Messverfahrens erscheint für alle Vorhaben erforderlich, die den auf die reelle Erdoberfläche gefallenen Niederschlag als Arbeitsgrundlage benötigen. In erster Linie gilt dies für hydrographische Fragestellungen, die ein möglichst exaktes Bild der Niederschlagsverteilung und der wahren Niederschlagsmengen auch für relativ kleine Gebiete voraussetzen. Die Gebirgshydrologie stellt an die Erfassung der Niederschläge höhere Anforderungen als die Meteorologie. Sie verdichtet daher im Gebirge ihre Beobachtungsnetze. Ein engmaschiges Netz kann sich aber nicht auf die Auswahl ebener Tallagen beschränken, für die der Einsatz hangparalleler Geräte entfällt. Aber auch die meteorologischen Fragestellungen erfordern im Gebirge ein dichteres Beobachtungsnetz als in flachem Gelände. Alle geländemeteorologischen Problemstellungen und Zielsetzungen kleinklimatischer und lokalklimatologischer Arbeiten können auf die Anwendung der Methode nicht verzichten.

Der Bestand von Säkularstationen wird durch die Forderung zur Einführung hangparalleler Messgeräte an bestimmten Messpunkten nicht berührt. Eine Homogenität der Geräteausstattung wird ebenfalls nicht in Frage gestellt, denn sie ist im Hinblick auf die in den einzelnen Ländern vorhandenen unterschiedlichen Gerätetypen mit und ohne Windschutz sowie die verschiedenen Höhen der Auffangflächen nicht gegeben. Diese Verschiedenheit in der messtechnischen Erfassung sollte nicht als Nachteil angesehen werden, sie ist lediglich Ausdruck der Vielfältigkeit der Messbedingungen, denen mit einer Einheitsmethode kaum beizukommen ist. Wenn der Niederschlag sich im Gebirge unter anderen Bedingungen als im Flachland darbietet, kann ihm messtechnisch nicht mit gleichbleibenden Bedingungen begegnet werden.

Eine Grundforderung der Niederschlagsforschung, den gefallenen Niederschlag auf die Horizontalebene zu beziehen, wird bei Anwendung der hangparallelen Methode nicht ausser Acht gelassen. Die andere Forderung, für die repräsentierte Fläche die Niederschlagsmenge zu ermitteln, die den Erdboden erreicht, wird nur mit hangparallelen Auffangflächen, mit den üblichen Geräten aber nicht erfüllt. Die horizontale Auffangfläche repräsentiert nur im ebenen Gelände ein Stück der wahren Erdoberfläche, im geneigten Gelände aber eine theoretische Ebene, die zwar auch der Einheitsfläche in der Kartenebene entspricht, die Vertikalkomponente des Flächenelements aber unberücksichtigt lässt.

Die Methode der Niederschlagsmessung mit hangparallelen Auffangflächen stellt für geneigtes Gelände das universellere Verfahren dar, dem alle für die verschiedensten Anwendungsgebiete benötigten Angaben zu entnehmen sind. Ihr Einbau in die vorhandenen Stationsnetze kann mit verhältnismässig geringen Aufwendungen durchgeführt werden. Die bei allen einschlägigen Arbeiten verwendeten Aufsätze lassen die Verwendung der normalen Geräte auch im geneigten Gelände zu, nur passen sie deren Auffangflächen der Hangneigung an. Ob daneben die Unterhaltung eines Beobachtungsnetzes mit nur beschränkter Nutzbarkeit seiner Ergebnisse vertretbar ist, hängt von der Wichtigkeit andersartiger Forderungen ab. Wo auf die Beibehaltung der horizontal auffangenden Geräte nicht verzichtet werden kann, sollte durch die Einführung eines Doppelregennessers im Sinne von SERRA, jedoch wie auf dem Hohenpeissenberg, unter Verwendung hangparalleler Auffangflächen des zweiten Gefässes, dem Bedürfnis nach Erfassung der wahren Niederschlagsmengen entsprochen werden.

Es ist eine Frage der Zweckmässigkeit, ob man die hangparallel gemessenen Niederschläge als reelle Werte besonders kennzeichnen soll. Auch die von HOECK vorgeschlagenen Bezeichnungen wollten lediglich zur Klärung der Definition beitragen. Es erscheint aber widersinnig, von ein und derselben Station zwei verschiedene Wasserwerte verfügbar zu halten. Die verschiedenen Interpretationen können nicht darüber hinwegtäuschen, dass man bei der Betrachtung der Niederschlagsmenge eines Ortes oder einer Fläche nur von einem Wert ausgehen kann, der Menge, die dort tatsächlich auf den Boden gefallen ist. Die Auseinandersetzung um die Definitionen ist auch keine Frage, bei der sich die Hydrologie einerseits und die Meteorologie andererseits gegenüberstehen. Gegner und Anhänger der verschiedenen Methoden finden sich in beiden Lagern. Zur Entscheidung steht vielmehr, der Definition der Niederschlagsmessung die Erfassung der von der wahren Erdoberfläche empfangenen Niederschläge als Kernproblem der Niederschlagsforschung zugrunde zu legen.

TABELLE 1
Vergleichsmessungen am Nebelhorn (1932 m NN). 1953

	20.-31.V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	20.V.-30.IX.	
R	108	311	412	172	109	1112	mm
RH	135	427	575	325	170	1632	mm
Δ	27	116	163	153	61	520	mm
(RH : R) 100	125	137	140	189	156	146	%

R = Niederschlagsmesser Hellmann 200 cm² mit horizontaler Auffangfläche
RH = Niederschlagsmesser Hellmann 200 cm² mit hangparalleler Auffangfläche

TABELLE 2
Einfluss von Niederschlagsart
und -intensität auf den Einfallswinkel der Niederschlagsteilchen
Febr. 1951 — Jan. 1954

Tagessumme in mm	Nordhang				Südhang			
	Einfallswinkel (°)			Anteil a. d. Ges. Summe %	Einfallswinkel (°)			Anteil a. d. Ges. Summe %
	*	•	▽		*	•	▽	
<1.0	41	26	9	2	-7	-2	-4	2
1.0 - 2.9	34	17	7	10	-13	-7	-7	12
3.0 - 4.9	27	23	15	10	-18	-6	-12	11
5.0 - 9.9	10	21	15	19	-12	-6	-12	19
>10.0	31	20	15	59	-17	-4	-10	56
Anteil a. d. Ges. Ndschl. summe (%)	14	66	20	100	19	63	18	100

TABELLE 3
Vergleichsmessungen am Hohenpeissenberg (940 m)
Febr. 1951 — Jan. 1954

Nieder- schlags- art	Luv				Lee				Verhältnis Lee : Luv	
	N mm	NH mm	NH : N %	mittl. Ein- falls- winkel	S mm	SH mm	SH : S	mittl. Ein- falls- winkel	S : N %	SH : NH %
Flüssig	2280	2578	113	20°	2427	2356	97	5°	107	91
Fest	607	722	119	28°	880	825	94	9°	145	114
Gesamt	2887	3300	114	21°	3307	3181	96	6°	115	96

N = Nordhang { Messungen mit
 S = Südhang { horizontaler
 { Auffangfläche

NH = Nordhang { Messungen mit
 SH = Südhang { hangparalleler
 { Auffangfläche

TABELLE 4
Vergleich der Methoden beim Einfluss der Niederschlagsintensität auf das Verteilungsbild

Tagessummen in mm	Verhältnis S : N bei horizontaler Auffangfläche (%)			Verhältnis S : N bei hangparalleler Auffangfläche (%)		
	*	•	▽	*	•	▽
<1.0	178	129		129	108	
1.0 - 2.9	154	110	105	113	95	97
3.0 - 4.9	154	113	111	114	96	94
5.0 - 9.9	143	106	107	126	90	91
>10.0	148	105	104	109	90	89

TABELLE 5
Vergleich der Niederschlagsmengen (mm)
vom windgeschützten Hauptfeld mit den frei exponierten Hangfeldern
Zeitraum 15.2.1951 — 31.1.1954

	Horizontale Auffangfläche		Hauptfeld	Hangparallele Auffangfläche	
	N	S		N	S
Regen	2280	2427	2374	2578	2356
Schnee	607	880	943	722	825
Gesamt	2887	3307	3317	3300	3181

TABELLE 6
Messungen im Abstand 1 : 1 einer Fichtenreihe (NR)
Zeitraum 11.4.53 — 31.1.54

	Horizontal		Hauptfeld	NR	Hangparallel	
	N	S			N	S
Regen	700	751	731	682	790	758
Schnee	157	219	236	240	178	190

TABELLE 7
Vergleich der Hangaufstellungen mit versenkten Niederschlagsmessern
(34 Sommertage mit Windgeschwindigkeiten > 4 m/sec)

Messfeld	Nordhang			Südhang		
	Auffangfläche	Horizontal	Hangparallel	Horizontal	Hangparallel	
Auffangfläche in m		1.5	1.5	0	1.5	1.5
Niederschlags- menge in mm		202	242	241	228	222

LITERATURVERZEICHNIS

- (¹) HOECK, E. : Sur les mesures pluviométriques dans le bassin de la Baye de Montreux. *Proc. Verb. des séances de l'Assemblée gén. d'Oslo* (19.-28. Aug. 1948) de l'Union Géod. et Géophys. Int. Tome I, 180.
- (²) HOECK, E. : Rapport du comité pour la mesure des précipitations. *Tagungsbericht Brüssel 1951 d. Int. Ass. für Hydrol.* Bd. III, 81.
- (³) SERRA, L. : La mesure correcte des précipitations. Pluviomètre horizontal et pluviomètres inclinés. *Mém. et Trav. Soc. Hydrotechn. France* 1953, 46-52.

- (⁴) GRUNOW, J. : Niederschlagsmessungen am Hang. *Met. Rdsch.* 6, 85 (1953).
- (⁵) GEIGER, R. : Messungen des Expositionsklimas. Teil V : Welche Regenmengen erhält ein geneigter Hang im Vergleich zur Horizontalfläche ? *Forstw. Zentralbl.* 50, 437 (1928).
- (⁶) HAYES, G. L. : A method of measuring rainfall on windy slopes. *Monthly Weather Rev.* 72, 111 (1944).
- (⁷) WAGNER, A. : Gibt es im Gebirge eine Höhenzone maximalen Niederschlags ? *Gerl. Beitr. Geophys.* 50, 150 (1937).
- (⁸) PERS, R. : Relations entre les données pluviométriques et les précipitations totales recueillies par un bassin. *La Météorologie* 8, 101 (1932). —
Note complémentaire sur la stéréopluviométrie. *La Météorologie* 8, 106 (1932).
— De l'influence du relief sur les précipitations en haute montagne. *La Météorologie* 10, 473 (1934).
- (⁹) LÜTSCHG, O. : Der Kugelniederschlagsmesser Haas-Lütschg. *Gerl. Beitr. Geophys.* 50, 423 (1937).
- (¹⁰) LÜTSCHG, O. : Zum Wasserhaushalt des Schweizer Hochgebirges. I. 1. Allg. 1. Abs., 1. Kap. : Über den heutigen Stand der Niederschlagsforschung im Schweizer Hochgebirge. Zürich (1945).
- (¹¹) HUDLESTON, F. : Report on experiments with rain-gauge shields and rain-gauges under the lee of a high wood ... at Hutton John, Penrith. *British Rainfall* 68, 258 (1928).
- (¹²) KORHONEN, W. W. : Über die lokale Veränderlichkeit der Schneedecke. *Meteor. Z.* 49, 154 (1932). — Zur Kritik der Niederschlagsmessung. *Meteor. Z.* 49, 154 (1932).
- (¹³) BROOKS, Ch. F. : Need for Universal Standards for measuring precipitation, snowfall and snowcover. *Ass. Int. d'Hydrologie Sci. Bull.* Nr 23. Riga 1938. 52 S.
- (¹⁴) BROOKS, Ch. F. : *Briefliche Mitt.* v. 13.1.1954.
- (¹⁵) SERRA, L. : Interprétation des mesures pluviométriques. Lois de la pluviosité. *Mém. et Trav. Soc. Hydrotechn. France* 2, 141 (1952).

UNION GÉODÉSIQUE ET GÉOPHYSIQUE INTERNATIONALE

Association Internationale
d'Hydrologie Scientifique

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE DE ROME 1954

TOME I

Partie générale et administrative

Rapports nationaux sur l'activité

Standardisation des caractéristiques hydrologiques
Cadastre des Grands Cours d'Eau

Comité des Instruments utilisés en Hydrologie

Comptes-Rendus et Rapports
de la Commission d'Erosion Continentale

Comptes-Rendus et Rapports du Comité des Précipitations

Imprimé avec l'aide
financière de l'Unesco

Publication n° 36 de l'Association Internationale d'Hydrologie

PRIX DU TOME I :
300 fr. b.