

Ber. Naturf. Ges. Freiburg i. Br.	76	S. 87–100	6 Abb.	0 Tab.	Freiburg 1986
-----------------------------------	----	-----------	--------	--------	---------------

Klimatologie von Niederschlagsmessungen zur Bestimmung des Freilandniederschlags über einem Kiefernwald*

von

Lutz Jaeger, Freiburg i. Br.

Zusammenfassung

Nach einigen historischen Bemerkungen zur Regenmessung werden Probleme geschildert, die im allgemeinen bei der Verarbeitung und Auswertung der Niederschlagsdaten nicht mehr gesehen werden. Es muß gefragt werden, ob der Niederschlag durch die Niederschlagsmeßstöple in seiner Quantität richtig erfaßt wird. Dies ist vor allem für hydrologische Untersuchungen wichtig. Für länderübergreifende klimatologische Untersuchungen ergibt sich das Problem der international uneinheitlichen Messungen. Illustriert wird dies durch die Bemühungen der WMO einerseits auf die Vereinheitlichung der Messungen hinzuwirken, andererseits aber auch standardisierte Verfahren zur allgemein gültigen Niederschlagskorrektur zu entwickeln. Die geschilderten Verhältnisse beziehen sich auf die Messung des Niederschlags über Rasen oder vegetationslosen Oberflächen.

In den weiteren Kapiteln werden Niederschlagsmessungen über einem Kiefernwald untersucht, die ihm Rahmen einer langfristigen Wärmehaushaltsuntersuchung durchgeführt wurden. Die Messungen umfassen einen Zeitraum von 11 Jahren (1974–1984). Zunächst werden die Messungen mit den Werten zweier umliegender Freilandstationen verglichen, um ihre Repräsentanz und die Homogenität der Reihen zu prüfen. Im Anschluß daran wird auf die Bedeutung des Windschutzringes bei der Ermittlung des Niederschlags über der rauhen Bestandsoberfläche eingegangen. Ein Windschutzring ist bei Messungen über dem Bestand nicht notwendig. Die Untersuchung schließt mit einem Vergleich zwischen einem Hellmann-Regenschreiber und einem parallel dazu eingesetzten Ombrometer HP.

*Vortrag gehalten auf dem 35. Deutschen Geographentag 1985 in Berlin.

Anschrift des Verfassers:

Dr. LUTZ JAEGER, Meteorologisches Institut der Universität Freiburg, Werderring 10, D-7800 Freiburg i. Br.

Summary

Climatology of Precipitation Measurements for the Determination of the Precipitation Conditions above a Pine Forest.

After some historical remarks a description of the problems in measuring precipitation is given. These problems are no longer discussed when precipitation data are processed. Is the precipitation amount correct which we find in the gauges? This is important especially for hydrological investigations. Concerning climatological research of precipitation in different countries we have the problem of internationally inhomogeneous recording. The WMO gives special effort to get a uniformity in measuring and to develop standardized procedures to correct these measurements.

Then precipitation measurements above a pine forest are discussed, which are carried out within a long-termed investigation concerning the energy balance of a pine forest. These precipitation records of the period 1974–1984 are compared with two stations of the German Weather Service which are recording the precipitation in the neighbourhood of the forest. Then we discuss the significance of the application of windshielded rain gauges to estimate the precipitation above the rough forest surface. The last item of this paper consists of the discussion of comparative measurements which have been made with a normal rain gauge, Hellmann type and an ombrometer HP.

Résumé

Climatologie des mesures de la pluviosité pour la détermination des précipitations sur une pinède

Après quelques pensées historiques sur les mesures de la pluie on présente quelques problèmes qu'on ne voit plus en assimilant et en disputant les données de la précipitation. Il faut demander si la quantité qu'on trouve dans les pluviomètres est juste. C'est important particulièrement pour des études hydrologiques. En exécutant des investigations internationales on a le problème des mesures différentes. Pour améliorer cette situation l'OMM à Genève travaille pour une homogenisation des mesures d'un côté et à l'autre côté on travaille pour standardiser les méthodes de correction.

En plus on dispute les mesures de précipitation au-dessus d'une pinède. Les données entourent une période de 11 années (1974–1984). Tout d'abord on compare les mesures avec les données de deux stations dans le voisinage. Après on aborde la question de la valeur d'un entonnoir du pluviomètre qui est exposé sur une surface rugueuse d'un fonds boisé. Un entonnoir d'un pluviomètre n'est pas nécessaire pour des mesures au-dessus d'un forêt. L'essai est terminé avec la comparaison d'un pluviomètre type Hellmann et un ombromètre HP.

Inhalt

1. Historische Betrachtungen	89
2. Die Niederschlagskorrektur	91
3. Vergleich der Messungen im Walde mit Niederschlags- messungen des Deutschen Wetterdienstes	92
4. Vergleich zweier Niederschlagsmesser mit und ohne Windschutzring	96
5. Vergleich des Hellmann-Regenschreibers mit dem Ombrometer HP	98
6. Danksagung .	99
Angeführte Schriften	100

1. Historische Betrachtungen

Seit etwa 200 Jahren ist bekannt, daß Niederschlagsmessungen, die in verschiedenen Niveaus über dem Erdboden ausgeführt werden, zu unterschiedlichen Ergebnissen führen. 1769 sammelte der Engländer HEBERDEN auf einem Kirchturm 87 % weniger Regenwasser als im Garten am Fuße der Kirche. 1812 stellte HOWARD fest, daß ein Niederschlagsmesser in Höhe des Erdbodens und spritzwassergeschützt installiert die „wahren“ Niederschlagsmengen messen würde.

Der holländische Physiker VAN REES (DE BRUIN, 1985) beobachtete vier Jahre lang von 1839 bis 1843 in Utrecht die Niederschläge auf einem 90 m hohen Turm und in einem nahegelegenen Garten. Außerdem erfaßte er Windgeschwindigkeit, Luftdruck, Temperatur und Feuchte. Durch seine Überlegungen verwarf er die damals allgemeingültige Erklärung, daß Regentropfen während ihres Falls ständig anwachsen. Diese Ansicht geht auf Benjamin Franklin zurück, der 1771 schrieb, „daß an den fallenden, aus kühleren Luftschichten kommenden Regentropfen ein Teil der Feuchtigkeit in den durchlaufenen tieferen und darum wärmeren Luftmassen sich niederschlagen sollte, und daß also die Niederschläge während des Herabfallens durch diese Kondensation wachsen müßten“ (BÖRNSTEIN, 1884).

VAN REES macht für die meßniveaubedingten Unterschiede in den Regentmengen den Wind verantwortlich. Der auf die Auffangfläche des Regenmessers wirkende Windeinfluß wurde Mitte des 19. Jahrhunderts von dem Engländer JEVONS (BÖRNSTEIN, 1884) untersucht und wird seither als Jevons-Effekt bezeichnet.

JEVONS schlägt auch die Verwendung bodengleicher Niederschlagsmesser, im Englischen als ‚pit gauges‘ bezeichnet, vor. Diese werden heute für Vergleichszwecke und als Kalibrierungsinstrumente verwendet. Die Begründung ist, daß

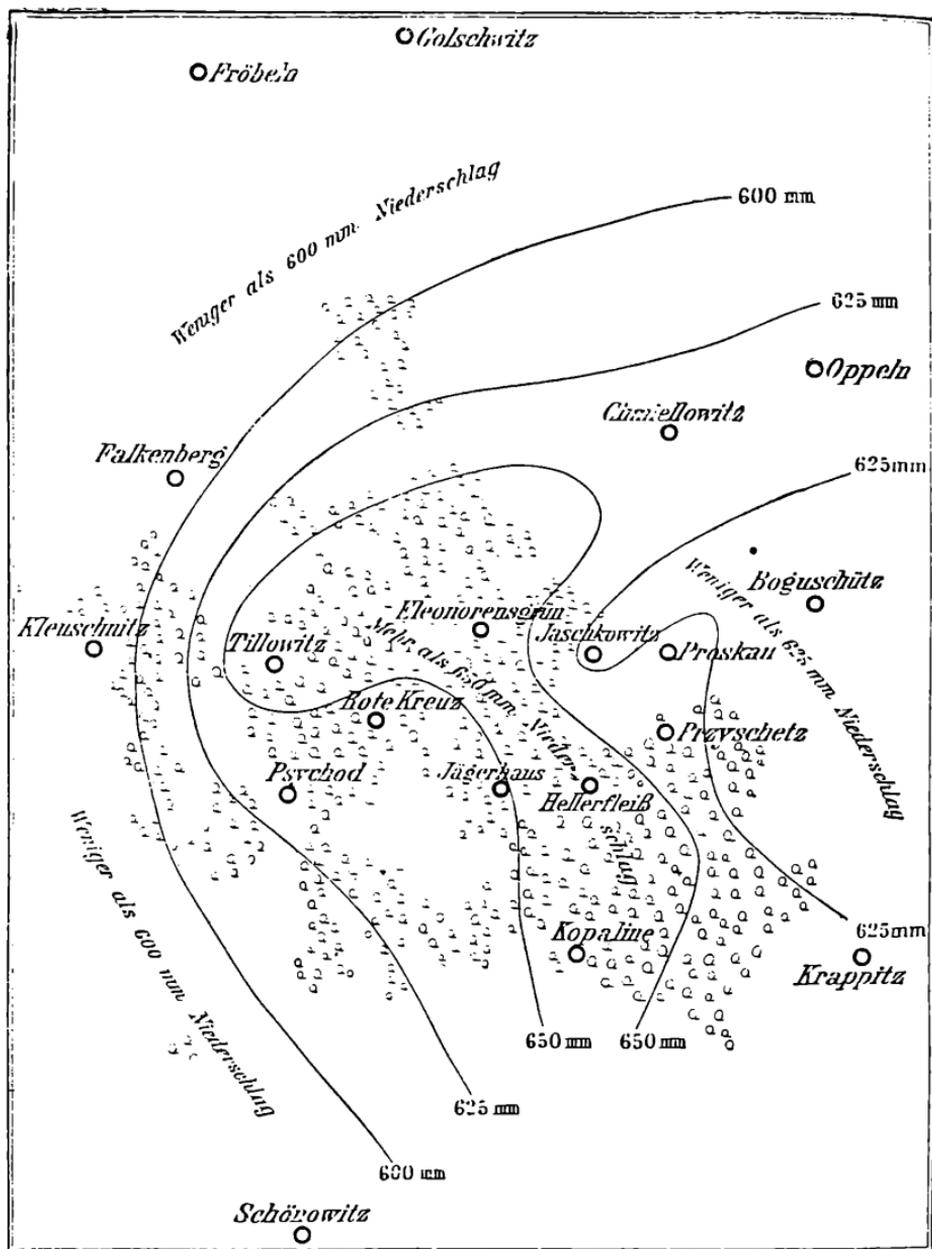


Abb. 1: Regenkarte des Versuchsfeldes Proskau in Schlesien (nach SCHUBERT, 1905). Auf gleiche Seehöhe (180 m) reduzierte Ergebnisse der Niederschlagsmessungen von September 1900 bis Juni 1904. Die Kurven geben die mittlere Jahressumme der Niederschläge in mm an.

im Gegensatz zu den üblichen Niederschlagsmessern bei Bodengleichheit über der Auffangfläche keine Deformierung des Windfeldes entsteht und dadurch windverursachte Meßfehler vernachlässigt werden können.

Die Problematik der Niederschlagsmessung im Wald wurde 1905 von SCHUBERT formuliert. Er berichtete darüber auch, sozusagen an gleicher Stelle, vor 80 Jahren auf dem XV. deutschen Geographentag in Danzig. Für den Forstmann SCHUBERT war die Frage von Interesse, ob der Wald eine niederschlags-erhöhende Wirkung zeigt. Er bejaht dies aufgrund seiner Untersuchungen, ist aber nicht in der Lage, den Einfluß des Windschutzes durch die Bäume zu ermitteln (Abb. 1).

2. Die Niederschlagskorrektur

Der Aufwand für die Installation bodengleicher Niederschlagsmesser ist groß und verbietet sich bei der heutigen Dichte der Niederschlagsmeßnetze. Durch die Exposition der Niederschlagsmeßstöpfe über der Erdoberfläche aber wird der Wind bzw. die Turbulenz zur Störgröße. KREUTZ stellte 1952 bei Vergleichsmessungen in Gießen mit einer 5-jährigen Meßreihe am Boden eine Gesamtsumme von 3044 mm, in 1 m Höhe von 2829 und 14 m Höhe von 2389 mm fest. Setzt man den Niederschlag am Boden zu 100 %, dann erhält man in 1 m Höhe 92,7 % und in 14 m Höhe 78,5 % davon.

Das Problem des niveauabhängigen Windeinflusses muß auch im Lichte der Klimatologie gesehen werden wenn es um länderübergreifende Untersuchungen geht. So wird beispielsweise in Australien der Niederschlag in 30 cm Höhe gemessen, in den USA und in Finnland in 1 m Höhe; in der Schweiz, der Bundesrepublik oder in Dänemark wird der Niederschlag 1,5 m über dem Erdboden erfaßt. Die WMO bemüht sich daher, auf die Vereinheitlichung der Messungen hinzuwirken, andererseits aber auch standardisierte Verfahren zur allgemeinen Niederschlagskorrektur zu entwickeln. SCHIRMER schätzt den meßbedingten Fehler in Deutschland auf 100 mm jährlich (SEVRUK, 1983). Untersuchungen in Hannover und München erbrachten einen systematischen jährlichen Meßfehler gegenüber dem Sollwert von 15–20 % mit Werten von 30–40 % im Januar-Februar und 5–10 % im Juni-August (SEVRUK, 1983). Diese Verteilung ist eine Folge des erhöhten Anteils des Schnees im Winter und des Gewitterregens im Sommer.

3. Vergleich der Messungen im Walde mit Niederschlagsmessungen des deutschen Wetterdienstes

Doch zurück zu den Niederschlagsmessungen im Wald. „Obwohl die Waldbedeckung unseres Landes mit etwa 20 % anzusetzen ist, lassen die amtlichen Niederschlagsbeobachtungen diese Flächen mit ihrem eigenen Niederschlagsregime außer Betracht und beschränken sich auf Messungen im Freiland“ (GRUNOW, 1956). Was das eigene Niederschlagsregime anbelangt, so sei hier beispielhaft auf die Nebelniederschläge hingewiesen.

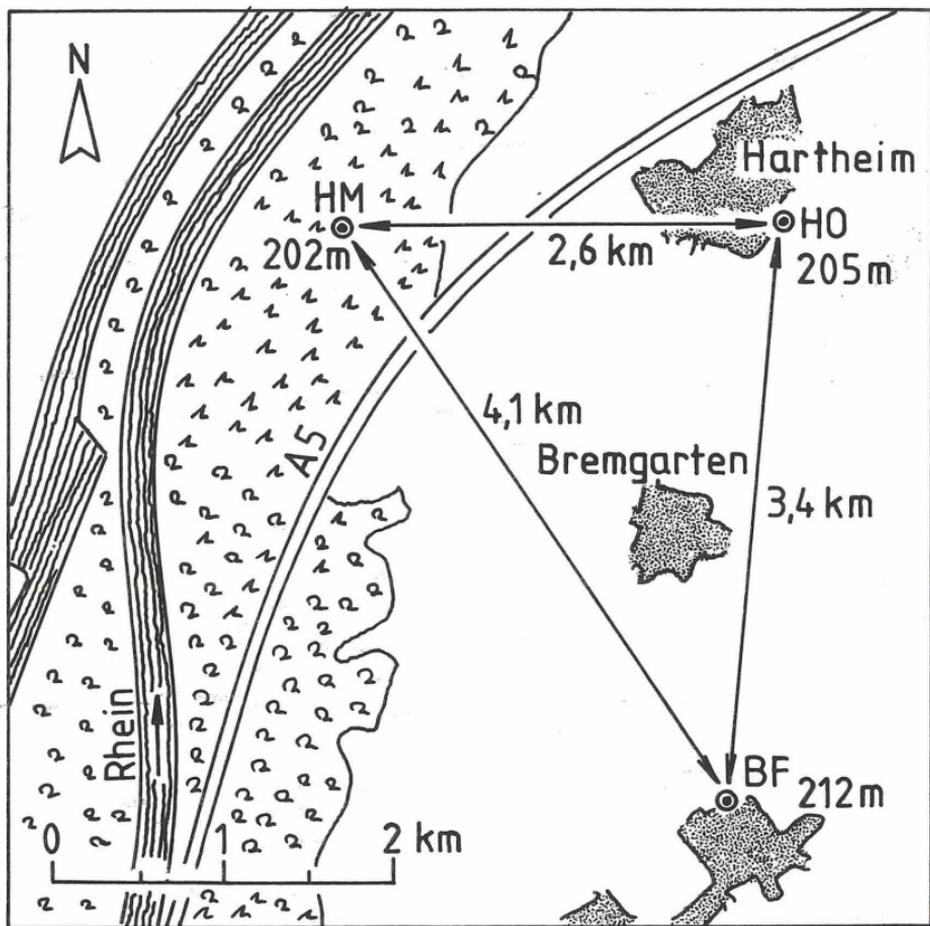


Abb. 2: Lage der Meßstationen. HM: Hartheim Meßstation (Meteorologisches Institut); HO: Hartheim Ort (DWD); BF: Bremgarten Fliegerhorst (Geophysikalischer Beratungsdienst der Bundeswehr).

Im Rahmen einer langfristigen Wärmehaushaltsuntersuchung des Meteorologischen Instituts der Universität Freiburg (Leitung Prof. Dr. A. Kessler) über einem Kiefernwald wird auch den Niederschlagsverhältnissen Beachtung geschenkt. Die Koordinaten der Station im südlichen Oberrheintal sind 47°56' N, 7°37' E, ihre Höhe über NN ist 199 m. Zur regionalen Einschätzung der dortigen Niederschlagsmessungen wurden Vergleiche mit umliegenden Stationen des DWD durchgeführt. Der Untersuchung wurde eine Homogenitätsprüfung der Meßreihen vorangestellt. Die Lage der verwendeten Stationen zeigt Abb. 2.

Die Niederschlagsstation Hartheim Ort liegt auf dem Schulgelände inmitten einer Wiese, 15 m vom Niederschlagsammeltopf erhebt sich in der Hauptwindrichtung ein 8 m hohes Schulgebäude. Im Untersuchungszeitraum wurde diese Station zweimal verlegt, d. h. der Niederschlag wurde in drei verschiedenen Situationen gemessen.

Der Niederschlag auf dem Fliegerhorst Bremgarten wird im dortigen Klimagarten gemessen, wobei das Windfeld im Lee der Hauptwindrichtung durch den Tower und eine Baumgruppe beeinflusst wird. An der Meßstation Hartheim selbst wurde der Niederschlag vom Beginn des Beobachtungszeitraumes bis Ende September 1977 auf einem 6 m hohen Podest über dem Bestand ermittelt, danach auf einem 10 m hohen Turm. Auf beiden Meßhöhen erfolgte die Niederschlags erfassung mit einem Hellmann-Regenschreiber.

Die wechselseitige Untersuchung der drei Meßreihen auf Homogenität deckt keine Inhomogenitäten auf, wenn man die Jahressummen der Niederschläge verwendet. Bei der Analyse von Halbjahressummen fördert das Abbesche Homogenitätskriterium (PAESLER, 1983) eine Inhomogenität in Bremgarten zu Tage.

Den höchsten mittleren Jahresniederschlag der Periode 1974–1984 weist die Station Hartheim Ort mit 727 mm auf, der mittlere Jahresniederschlag in Bremgarten beträgt 686 mm und an der Meßstation Hartheim 645 mm. Diese Unterschiede sind nur schwer interpretierbar aufgrund der beschriebenen Hindernisse an den Freilandstationen. Darüber hinaus wurde der Regenschreiber an der Hartheimer Schule bei einer Ortsbesichtigung mit schräg stehender Auffangfläche angetroffen. Würde man annehmen, daß die Schrägstellung über den gesamten Beobachtungszeitraum vorhanden war, so würde die Kippung der Auffangfläche um 5 Grad in die Hauptwindrichtung bei Annahme einer mittleren Windgeschwindigkeit von 2 m/s während der Niederschlagsereignisse zu einem Meßfehler von + 5 % führen. Dies würde bereits ausreichen, um den Differenzbetrag zwischen Hartheim Ort und Bremgarten Fliegerhorst zu erklären (RINEHART, 1983).

Den Jahresgang der mittleren monatlichen Niederschläge an den drei Stationen verdeutlicht Abb. 3. Die Mittelwerte sind auf mittlere Monatslängen umgerechnet. Es zeigt sich das bekannte Bild einer Niederschlagsverteilung nach dem

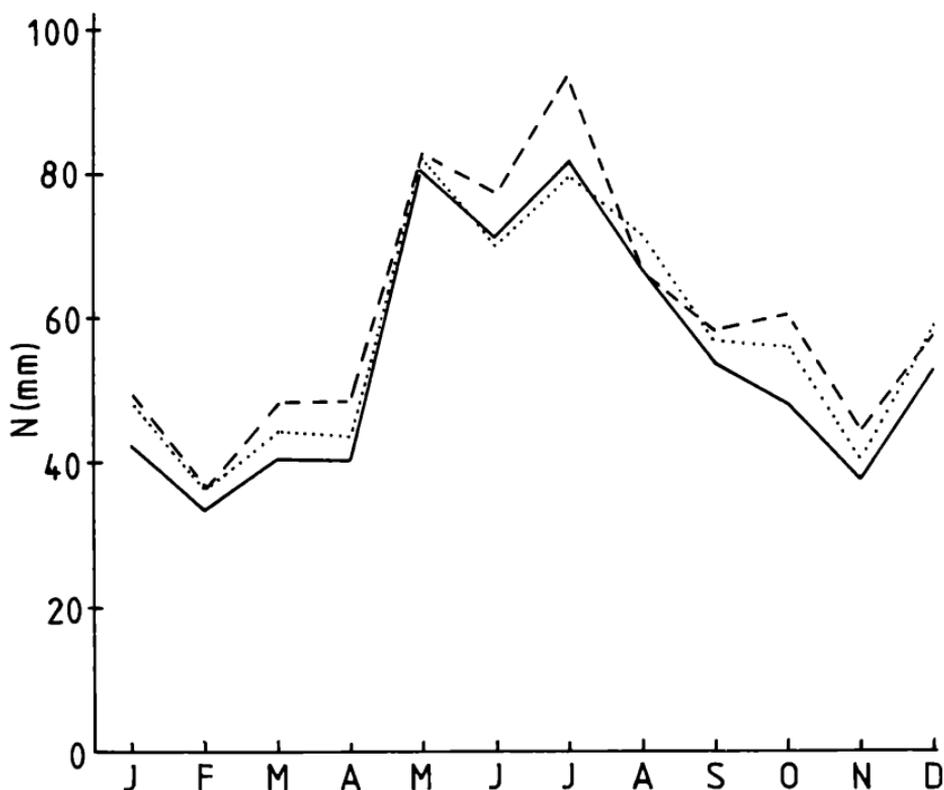


Abb. 3: Mittlere monatliche Niederschläge (1974–1983), umgerechnet auf mittlere Monate. Durchgezogene Linie: Hartheim Meßstation, gestrichelte Linie: Hartheim Ort, punktierte Linie: Bremgarten Fliegerhorst.

Sommertypus des Binnenlandes in der gemäßigten Zone (CONRAD, 1936). Mai und Juli weisen die maximalen Niederschläge im Jahr auf, der Februar das Minimum.

Die Variabilität der monatlichen Niederschlagsverhältnisse zeigt Abb. 4. Die größte Schwankungsbreite im Niederschlagsgeschehen am südlichen Oberrhein weist der Mai auf; er kann trocken, aber auch extrem naß sein. Dagegen ist die Standardabweichung des mittleren Niederschlags in den Wintermonaten Januar, Februar und März nur gering. Es fällt auch wenig Niederschlag als Schnee und andauernde Schneedecken sind sehr selten.

Eine weitere Frage im Zusammenhang mit Freilandvergleichen ist der Einfluß des vertikalen Waldwachstums auf die Messung über dem Bestand. Die Kiefern weisen im Mittel ein Höhenwachstum von 40–50 cm im Jahr auf. Wie oben

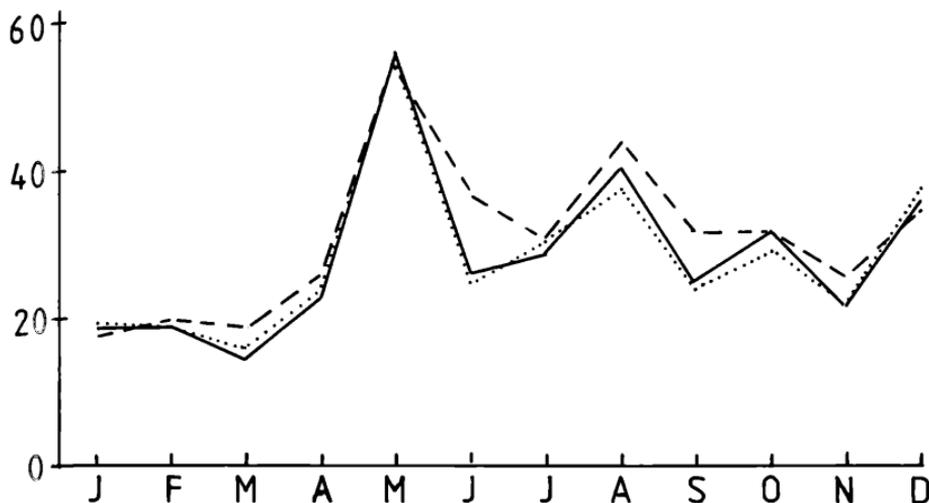


Abb. 4: Standardabweichungen der mittleren monatlichen Niederschläge (Mittel von 1974–1983). Durchgezogene Linie: Hartheim Meßstation, gestrichelte Linie: Hartheim Ort, punktierte Linie: Bremgarten Fliegerhorst.

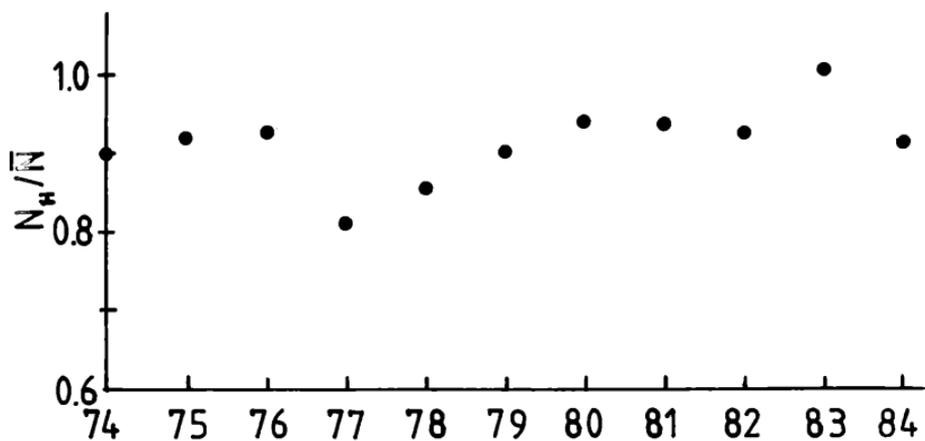


Abb. 5: Quotient der Jahressummen des Niederschlags an der Meßstation Hartheim (N_H) und einem mittleren Niederschlag (\bar{N}) gebildet aus den Jahreswerten von Hartheim Ort und Bremgarten Fliegerhorst. Beobachtungsperiode 1974–1984.

schon erwähnt, stand der Niederschlagsschreiber bis Ende September 1977 auf einem 6 m hohen Podest und später auf einem 10 m hohen Meßsturm. Es wurde nun der Quotient aus den Jahressummen mit einem Jahressummenmittel aus Hartheim Dorf und Bremgarten Fliegerhorst gebildet. Die Ergebnisse illustriert

Abb. 5: Je mehr sich der Bestand dem Niveau der Auffangfläche für den Niederschlag nähert, desto näher liegt der Quotient bei 1,0, d. h. der Niederschlag über dem Bestand nähert sich dem Freilandniederschlag an. Dies wird auch dadurch deutlich, daß 1977, als durch die Installation des Niederschlagsmeßturms das Meßniveau von der Bestandsoberfläche entfernt wurde, der Betrag des Quotienten absank. Mit zunehmenden Jahren näherte er sich erneut wieder 1,0 an. Der Wert für 1984 signalisiert allerdings, daß die Kiefern inzwischen über das Meßniveau hinauszuwachsen beginnen, daher ist inzwischen eine erneute Erhöhung des Niederschlagsmeßniveaus erfolgt.

4. Vergleich zweier Niederschlagsmesser mit und ohne Windschutzring

1878 äußerte der Amerikaner NIPHER den Gedanken, daß man mit einem am Meßgerät angebrachten Windschutz die Niederschlagsmessung verbessern könne (BÖRNSTEIN, 1884). Bei der Messung über dem Bestand taucht nun die Frage nach der Notwendigkeit und Art des Windschutzes auf. Da eine Waldoberfläche über Rauheitslängen verfügt, die um Größenordnungen über den Werten einer Grasoberfläche liegen (JAEGER, 1984), kann sich von vornherein keine laminare Strömung in der Nähe der Meßöffnung ausbilden. Daher ist zu fragen, ob bei Niederschlagsmessungen über Waldbeständen auf den Windschutzring verzichtet werden kann. Neben den bisher erwähnten Messungen existiert auch eine Meßreihe mit Windschutz aus den Jahren 1975–1977. Diese Messungen wurden mit Windschutzring (System Wölflle) in gleicher Höhe (6 m) in ca. 40 m Entfernung von den ungeschützten Messungen ausgeführt.

Im genannten Vergleichszeitraum traten 331 Niederschlagsstunden mit einer Gesamtniederschlagsmenge von 1.397,7 mm am ungeschützten Regenschreiber und von 1.375,4 mm am Regenschreiber mit Windschutzring auf. Dies bedeutet, daß der windgeschützte Sammler in der Gesamtsumme 98,4 % des Niederschlags im Vergleichsgerät erhalten hat.

Eine lineare Regression beider Niederschlagsmessungen ist in Abb. 6 dargestellt. Die Regressionsgleichung der Monatssummen ergibt folgende Koeffizienten:

$$N_{ww} = 0.9671 \quad N_{mi} + 9.9091 \text{ (mm)}$$

mit N_{ww} = Niederschlagsmessung mit Windschutz und N_{mi} = Niederschlagsmessung ohne Windschutz. Der Korrelationskoeffizient dieser Regression liegt bei $r = 0.9975$. Die beiden Parallelen zur Regressionslinie in Abb. 6 bilden ein Band, das 95 % aller Beobachtungen enthält.

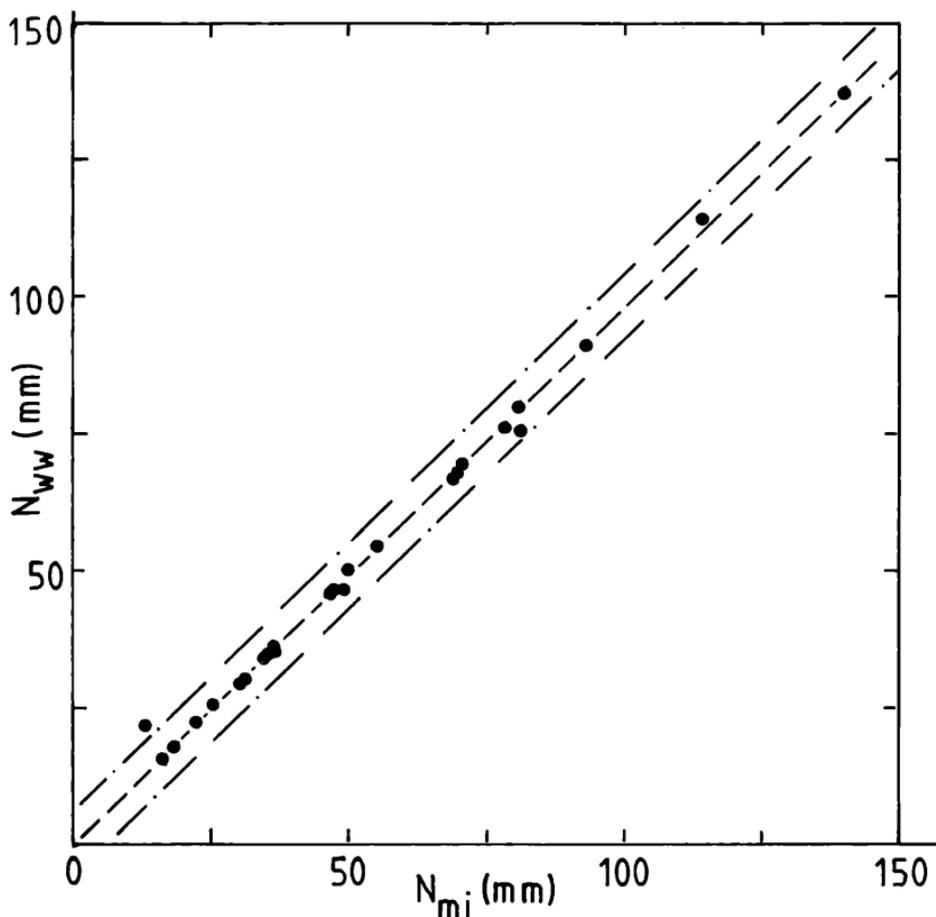


Abb. 6: Lineare Regression der Monatssummen des Niederschlags des Meteorologischen Instituts N_{mi} (ohne Windschutz) und der Niederschlagsmessungen des Instituts für Waldwachstum N_{ww} (mit Windschutzring). Die gestrichelte Linie ist die Regressionsgerade. Zwischen den strichpunktiierten Parallelen liegen 95 % der Beobachtungswerte.

Die Betrachtung der einzelnen Niederschlagsstunden ergibt in 60 % der Fälle Übereinstimmung oder Abweichungen von $\pm 0,1$ mm Niederschlag zwischen beiden Geräten. Ein Jahrgang ist in den Abweichungen nicht erkennbar. Die kleinen Abweichungen sind durch die Trägheit der Schwimmer im Registrierteil erklärbar. Die größeren Abweichungen treten im allgemeinen dadurch auf, daß das Gerät des Meteorologischen Instituts mehr Niederschlag registriert zu Beginn mehrstündiger, langsam einsetzender Niederschläge.

Der Auffangtrichter des Geräts mit Windschutz war auf einem Turm montiert, der zugehörige Registrierteil stand auf dem Waldboden. Beide Teile waren mit einem PVC-Schlauch verbunden. Dieser Zuleitungsschlauch weist gegenüber dem Vergleichsgerät zusätzliche Adhäsionsverluste auf, die sich offenbar je nach Niederschlagsart verschieden stark auswirken. Wie oben angeführt, ist die stärkste Auswirkung bei langsam einsetzenden Regenfällen zu beobachten.

Der nachträglich ermittelte mittlere Adhäsionsverlust dieses Schlauchs betrug 1,8 %. Zum Vergleich: Kurtyka (zitiert nach SEVRUK, 1981) gibt für Standardgeräte einen von der Adhäsion verursachten Niederschlagsmeßfehler von 0,5 % an. Obwohl es schwierig ist, mit einem mittleren Adhäsionsverlust die Wirkung dieser Einflußgröße auf die verschiedenen Niederschlagsarten abzuschätzen, würde dieser Term die Unterschiede zwischen beiden Niederschlagsmessern erklärbar machen. Die daraus ableitbare Gleichheit der Niederschlagsmessung mit beiden Geräten legt den Schluß nahe, daß ein Windschutzring bei der Bestimmung des Freilandniederschlags über Waldbestände wirkungslos ist.

5. Vergleich des Hellmann-Regenschreibers mit dem Ombrometer HP

Ab 1978 wird der Freilandniederschlag über dem Bestand an der Meßstation Harthelm von zwei auf dem oben bereits erwähnten 10 m hohen Meßsturm installierten Regenmessern erfaßt. Das erste Gerät ist ein schreibender Regenschreiber nach Hellmann, das zweite Gerät das Ombrometer HP (ATTMANNSPACHER, 1978). Die Bestimmung des Niederschlags erfolgt hier über eine Tropfenzählung.

Eine lineare Regression von 48 Monatssummenpaaren ergibt

$$N_h = 1.0073 \quad N_{hp} + 0.36353 \text{ (mm)}$$

mit N_h = Niederschlagswert des Hellmann-Regenschreibers und N_{hp} = Niederschlagswert des Ombrometer HP. Der Korrelationskoeffizient liegt bei $r = 0.9948$.

Der Quotient der Gesamtsumme aus den 48 untersuchten Monaten ist 1.014, d. h. der Hellmann-Regenschreiber registrierte 1,4 % mehr Niederschlag im Vergleichszeitraum wie das Ombrometer HP. Dies steht im Gegensatz zu den Untersuchungen auf dem Hohenpeissenberg (ATTMANNSPACHER, 1978). Dort registrierte der Regenschreiber 7 % weniger Niederschlag als das Ombrometer HP, wenn man nur die Regenfälle berücksichtigt. Regen- und Schneefälle zusammengefaßt ergaben auf dem Hohenpeissenberg eine Unterschätzung durch den Schwimmertyp von 10 % gegenüber dem Ombrometer HP.

Bei der Betrachtung der Niederschlagsstunden beider Geräte ergibt sich ein etwas differenzierteres Bild. Von Januar 1978 bis Dezember 1983 wies die Registrierung des Hellmann-Regenschreibers 5.444 Niederschlagsstunden auf. Das Ombrometer HP ermittelt eine höhere Ereignisstundenzahl, da viele Stunden mit 0,005 mm Niederschlag, d. h. Einzeltropfen vom registrierenden Rechner erfaßt werden. Diese Tropfen sind oftmals unrealistisch, d. h. durch Staub oder Insekten verursacht. Als Basis für weitere Aussagen wird daher die Gesamtsumme des Schreibers herangezogen. Der prozentuale Anteil übereinstimmender stündlicher Niederschlagshöhen schwankt zwischen 22,6 % im Jahre 1979 (bezogen auf 848 Niederschlagsstunden) und 59,8 % im Jahre 1983 (bezogen auf 876 Niederschlagsstunden). Bei den Monatsmittelwerten gemittelt über diese 6 Jahre ist ein schwach ausgeprägter Jahresgang festzustellen, mit einem Maximum im Sommerhalbjahr. Dies ist auch zu erwarten, da es im Winterhalbjahr bei tiefen Temperaturen zu Asynchronität des Schreiberuhrwerks kommen kann und beide Töpfe Schneefälle unterschiedlich abschmelzen.

Nimmt man zu der Gesamtzahl der übereinstimmenden Niederschlagsregistrierungen noch die abweichenden Werte bis $\pm 0,1$ mm hinzu, so ergibt sich ein prozentualer Übereinstimmungswert von 76,5 % bezogen auf die 5.444 Ereignisstunden.

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß für hydrologische Untersuchungen und für die Betrachtung der Wärmehaushaltskomponenten das Ombrometer HP gegenüber dem Hellmann-Regenschreiber größere Vorteile aufweist. Seine Genauigkeit ist gesichert, auch im Langzeitversuch, und in der zeitgenauen Erfassung der Niederschläge ist es dem Schreibgerät überlegen, auch durch ein schnelleres Abschmelzvermögen der festen Niederschläge.

6. Danksagung

Die vorliegende Arbeit wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Forschung und Technologie unterstützt. Für die freundliche Überlassung der mit Windschutz gewonnenen Niederschlagswerte sei Herrn Dr. E. Künstle vom Institut für Waldwachstum an der Universität Freiburg herzlich gedankt. Ebenfalls gedankt sei dem Leiter des Wetteramtes Freiburg, Herrn B. Rudolph, der mir die Niederschlagswerte von Hartheim Ort und Bremgarten Fliegerhorst zur Verfügung gestellt hat. Weiterhin danke ich den technischen Angestellten des Meteorologischen Instituts, Herrn G. Fernbach und Herrn H. Trick für die ständige Wartung und Pflege der Meßgeräte in Hartheim, sowie Herrn Dr. H. J. Garthe für die Programmierung der Homogenitätskriterien.

Angeführte Schriften

- ATTMANNSPACHER, W.: Neue Geräte und Methoden zur Messung des Punkt- und Flächenniederschlags. — Ber. Dt. Wetterd. Nr. 146, Offenbach, 15 S., 1978.
- BÖRNSTEIN, R.: Über den von Nipher vorgeschlagenen Schutztrichter für Regenschner. — Met. Zeitschrift, 1, S. 381–387, 1884.
- DE BRUIN, H.: The rain gauge experiments in 1839–1843 by R. van Rees — a historical note. — Proc. Workshop on the correction of precipitation measurements, 1.– 3. April 1985, Zürich, Züricher Geographische Schriften No. 23, 1985.
- CONRAD, V.: Die klimatologischen Elemente und ihre Abhängigkeit von terrestrischen Einflüssen. — In: KOEPPEN, W. & GEIGER, R.: Handbuch der Klimatologie, Band I, Teil B, Berlin 1936.
- GRUNOW, J.: Probleme der Niederschlags Erfassung und ihre Bedeutung für die Wirtschaft. — Met. Rdsch., 9, S. 62–8, 1956.
- HEBERDEN, W.: On the different quantities of rain which appear to fall, at different heights over the same spot of ground. — Phil. Trans., 59, S. 359–362, 1769.
- HOWARD, L.: Beobachtungen über den Regen und die Regenschner. — Gilberts Annalen der Physik, 1, Ser. 41, S. 417–425, 1812.
- JAEGER, L.: Climatology of wind profile parameter estimates above a growing pine forest. — Arch. Met. Geoph. Biocl., Ser. B, 34, S. 161–179, 1984.
- JAEGER, L.: Eleven years of precipitation measurements above a small pole wood pine stand. — Proc. Workshop on the correction of precipitation measurements, 1.– 3. April 1985, Zürich, Züricher Geographische Schriften No. 23, S. 101–103, 1985.
- KREUTZ, W.: Niederschlagsmessung in verschiedenen Höhen über dem Erdboden. — Ber. Dt. Wetterd., US-Zone, 6, (38), S. 182–185, 1952.
- PAESLER, M.: Homogenisierung. — Promet, S. 3–7, 1983.
- RINEHART, R. E.: Out-of-level instruments: Errors in hydrometeor spectra and precipitation measurements. — J. Climat. and Appl. Meteorol. 22, S. 1404–1410, 1983.
- SCHUBERT, B.: Wald und Niederschlag in Schlesien. — Meteorol. Zeitschr., 22, S. 566–570, 1905.
- SEVRUK, B.: Methodische Untersuchungen des systematischen Meßfehlers der Hellmann-Regenschner im Sommerhalbjahr in der Schweiz. — Mitt. Versuchsanst. f. Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie, Nr. 52, Zürich, 290 S., 1981.
- SEVRUK, B.: Genauigkeit der konventionellen Regenmessung. Mitt. Inst. f. Wasserwirtschaft, Hydrologie und landwirtschaftlichen Wasserbau der Universität Hannover, Nr. 52, S. 27–39, 1983.
- SEVRUK, B. & HAMON, W. R.: International comparison of national precipitation gauges with a reference pit gauge. WMO, Instruments and observing methods, Report Nr. 17, Genf 1984.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Berichte der naturforschenden Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau](#)

Jahr/Year: 1986

Band/Volume: [76](#)

Autor(en)/Author(s): Jaeger Lutz

Artikel/Article: [Klimatologie von Niederschlagsmessungen zur Bestimmung des Freilandniederschlags über einem Kiefernwald 87-100](#)