

GRUNOW
hat manchenorts von sich aus das Fehlende nachgeholt. Naturschutz und Landschaftspflege können in der Öffentlichkeit nur dann die entsprechende Würdigung erfahren, wenn ihre Vertreter – und nicht nur die Fachleute des Naturschutzes – in diesen Gremien vertreten sind.

Was hier über die Naturschutzstellen der Kreisstufe gesagt wurde, gilt sinngemäß auch für die Naturschutzstellen bei Ober- und Mittelbehörden.

Neu ist im baden-württembergischen Änderungs- und Ergänzungsgesetz, daß die Bestellungen und Berufungen alle 5 Jahre neu vorgenommen werden, also nicht auf Widerruf erfolgen, wie in der Durchführungsverordnung zum RNG vorgesehen, und weiter, daß bei den Kreisnaturschutzstellen die Berufung durch deren Leiter (also in der Regel den Landrat oder Oberkreisdirektor) „im Einvernehmen mit dem Kreisrat“ erfolgt. Auch die Zweckmäßigkeit der Beteiligung des Kreisrates ist zu bezweifeln.

1965

1965

Die Niederschlagszurückhaltung in einem Fichtenbestand am Hohenpeißenberg und ihre meßtechnische Erfassung

Von J. GRUNOW

Aus dem Meteorologischen Observatorium Hohenpeißenberg des Deutschen Wetterdienstes

1. Vorbemerkung

In einer früheren Studie über den Niederschlag im Bergwald (1) wurden für verschieden exponierte Fichtenbestände im Gipfelbereich des Hohenpeißenberges Ergebnisse von Niederschlagsmessungen mitgeteilt, bei denen durch getrennte Auswertung der nebelfreien Tage die Niederschlagszurückhaltung¹ und der Tage mit Nebel der ausgleichende Einfluß zusätzlichen Nebelniederschlags ermittelt wurden. Zur Erfassung des Niederschlags im Bestandesinneren dienten gewöhnliche Niederschlagsmesser nach HELLMANN mit 200 cm² Auffangfläche. Auf diese Methode bleibt man angewiesen, wenn die am Waldboden aufgefangene Menge zu der im Freiland gemessenen nach Tagessummen in Beziehung gebracht werden soll. Diese Einzelwerte werden benötigt, um den Kronenbenetzungswert eines Bestandes zu ermitteln und die zum Waldboden durchtropfende Menge zu der im Freiland gemessenen in Ab-

¹ Nach Ansicht des Verfassers drückt der deutsche Ausdruck „Niederschlagszurückhaltung“ den hier behandelten Vorgang ebenso eindeutig, sicherlich aber allgemeinverständlicher als das Fremdwort Interception.

vorschreibt, daß
t, der Jagdgen
de Regelung für
ienbaren sich M
von Naturschutz
nkerung in der
en sollte. Die P
utz und Landsch
Würdigung erfah
schutzes – in d

urde, gilt sinngemäß

zungsgesetz, daß
erden, also nicht
n RNG vorgeseh
durch deren
ivernehmen müs
les Kreises

hängigkeit von der Niederschlagshöhe in Beziehung zu setzen. Als Kronenbenetzungswert wurde die im Kronenraum aufgespeicherte Menge freien Niederschlags angesehen, bei der ein stärkeres Durchtropfen auf den Waldboden einsetzt.

Gegen Messungen mit einem einzelnen normalen Niederschlagsmesser wird eingewandt (Literaturangaben bei DELFS [2]), daß die Auffangfläche von 200 cm² zu klein ist, um bei der unregelmäßigen Ausbildung und Durchlässigkeit des Kronendaches noch repräsentative Werte erwarten zu lassen. Erst der Einsatz einer Vielzahl (nach HOPPE [3] u. a. etwa 20) von Niederschlagsmessern, besser noch Messungen mit Wannen mit einer vielfach größeren Auffangfläche, sichern mit ihrem Meßergebnis einen repräsentativeren Querschnitt durch die Bestandsverhältnisse. Eine gründliche mathematisch-statistische Analyse der HOPPESchen Messungen aus Mariabrunn (Österreich, Tirol) und von Untersuchungen in Os bei Bergen (Westnorwegen), die GODSKE und SCHIEDRUP PAULSEN durchführten (4), läßt allerdings erkennen, daß es nicht so sehr auf die Zahl der Meßstellen als auf deren sinnvolle Auswahl und eine kritische, breit angelegte Verarbeitung der Meßergebnisse ankommt.

Der in (1) angekündigte zusätzliche Einsatz von Meßwannen am Hohenpeißenberg im Bestandsinneren des Nordhanges mit 30- bzw. 50jährigen Fichten läßt nunmehr einen Vergleich beider Methoden – einzelner Niederschlagsmesser und Meßwannen – zu. Zugleich werden neue Meßergebnisse über die Niederschlagszurückhaltung in diesen Beständen bekanntgegeben.

2. Der Einsatz von Meßwannen

Zur Gewinnung repräsentativer Meßwerte sollten die Meßwannen, um die verschiedenartige Ausbildung des Kronenschlusses auszugleichen, möglichst lang sein. Aus praktischen Gründen erscheinen jedoch Längen von 24 m, wie sie bei Untersuchungen in Kalifornien (5) benutzt wurden, nicht mehr zweckmäßig. Sie müßten erst am Einsatzort aus Teilstücken zusammengesetzt werden. Geeigneter, weil vorgefertigt und auch ohne Fahrzeug transportfähig, dürften Wannen sein, wie sie bei den Abflußuntersuchungen im Harz (2), später auch von EIDMANN (6) mit einem Auffang von 5 m Länge, 20 cm breit, oder am Hohenpeißenberg mit 2 m Länge, ebenfalls 20 cm breit, verwendet wurden. Ihre Auffangflächen entsprechen mit diesen Abmessungen dem 10- bzw. 20fachen der gewöhnlichen Niederschlagsmesser.

Meßwannen bieten eine relativ große Benetzungsfläche dar und versagen daher bei der Ermittlung kleiner Tagesmengen. Sie sind mit einer Ölfüllung als Verdunstungsschutz und, im Winterhalbjahr, mit einer Chlorcalcium-Lösung als Gefrierschutz zu beschicken, die nur beim Abfüllen über einen längeren Zeitabschnitt zulassen. Diese etwa monatlich vorzunehmenden Abfüllungen vermitteln zugleich einen guten zeitlichen Durchschnitt. Die Streuung der einzelnen Meßwerte bleibt dabei geringer als bei der Einzelmessung kleiner Mengen. Mit fortschreitender Füllung der Wannen verringert sich auch der Anteil freier, vom Öl nicht benetzter Seitenflächen und damit der Verlust durch Verdunstung von den benetzten Wänden.

Das durch den Kronenraum durchtropfende Wasser ist, unabhängig von der Tropfenstruktur des Niederschlags, überwiegend großtropfig. Wannen mit einem einfachen V-förmigen Profil (Abb. 1 a) erfahren damit einen nicht unerheblichen Verlust durch Spritzwasser (s. Abschnitt 4). Die Hohenpeißenberger Wannen

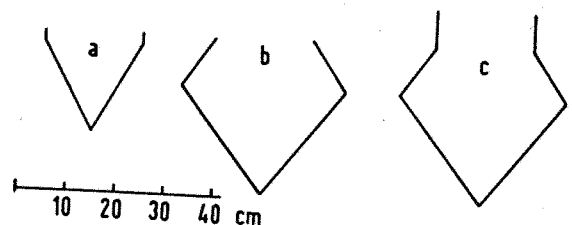


Abb. 1. Profile von Meßwannen zur Niederschlagsmessung im Bestand

htenbestand
ie Erfassung

utschen Wetter

(1) wurden für
peißenberges
trennte Auswe
Tage mit Neb
t wurden. Zu
iliche Nieder
Methode bleib
der im Freila
l. Diese Einzel
es zu ermittel
gemessenen

rschlagszurückh
neinverständlich

(Abb. 1 b) wurden daher mit nach oben eingewinkelten Seitenflächen versehen, die bei gleicher Auffangfläche zugleich ihr Füllvolumen vergrößern. Die im Harz verwendeten Wannen (Abb. 1 c) wurden außerdem noch mit einem kaminartigen Aufsatz versehen, bieten jedoch dadurch zusätzliche Benetzungsflächen dar. Bei beiden letzteren Typen wirkt der Spritzschutz zugleich als Windschutz und verringert die Verdunstungsverluste von den oberhalb der Ölschicht benetzten Wänden.

3. Praktische Hinweise zur Meßtechnik

Der Aufstellungsort der Meßbehälter soll dem Kronenschluß eines Bestandes möglichst repräsentativ entsprechen und sowohl die Traufe eines einzelnen Baumes als auch die Zwischenräume erfassen. Meist werden mehrere Behälter nötig sein, um einen guten Durchschnitt zu gewährleisten. Zur Messung wird der Wanneninhalt durch einen Ablasshahn abgefüllt, der am Boden einer Stirnseite angebracht ist. Um sie vollständig entleeren zu können, werden die Wannen in der Längsrichtung leicht zum Ablasshahn geneigt aufgestellt.

Als Verdunstungsschutz hat sich bei den Hohenpeißenberger Wannen ($0,2 \times 2,0 = 0,4 \text{ m}^2$) die Beigabe von 200 ccm Spindelöl als ausreichend erwiesen, um auch bei stärkerer Füllung eine immer noch zusammenhängende Ölhaut zu gewährleisten. Beim Abfüllen der Wannen ist darauf zu achten, daß der Hahn sofort geschlossen wird, wenn das über dem Niederschlagswasser geschichtete Öl abzufließen beginnt. Die Ölverluste bleiben dann gering, und eine Nachfüllung nach der Messung ist nur bei Bedarf erforderlich.

Mit Beginn der kalten Jahreszeit sind die Wannen zu Beginn eines jeden Meßabschnitts mit einer den Gefrierpunkt erniedrigenden gesättigten Chlorcalciumlösung zu beschicken, um das aufgesammelte Niederschlagswasser flüssig zu halten und den hereinfallenden Schneeniederschlag zu binden. Der Gefrierpunkt der gesättigten Lösung liegt bei -31°C , nach Verdünnung durch einfallenden Niederschlag entsprechend höher. Bei strengem Frost muß man daher mit einem Gefrieren des Wanneninhalts rechnen. Die Messung kann dann erst bei milderem Wetter nachgeholt werden.

Die Füllung beträgt bei den Hohenpeißenberger Wannen 10 Liter gesättigter Lösung, die man ungefähr beim Auflösen von 6 kg Chlorcalciumpulver in 7 Liter Wasser erhält. Die eingefüllte Menge ist mittels eines Meßglases genau zu bestimmen, zu notieren und später, bei der Messung des Wanneninhalts, wieder in Abzug zu bringen. Beim Umgang mit der Lösung ist wegen ihrer ätzenden Wirkung auf Haut und Kleidung Vorsicht geboten.

Sammelmessungen mit Geräten, die mit einer Chlorcalciumlösung als Gefrierpunkt beschickt werden, bedürfen wegen der Kontraktion des Niederschlagsvolumens bei ungesättigten Lösungen noch einer Korrektur (7), deren Betrag um so höher liegt, je schwächer die Lösung verdünnt wurde. Sie fällt darum ins Gewicht, wenn die Auffangfläche klein und die aufgefangene Niederschlagsmenge im Verhältnis zur Lösungsmenge gering ist, wie etwa bei den Niederschlagstotalisatoren mit 200 cm^2 Auffangfläche. Bei den Meßwannen mit $0,4 \text{ m}^2$ Auffangfläche erreicht die Korrektur im Höchstfalle 1,5 mm und kann vernachlässigt werden.

Die Bereitstellung einer frischen, gesättigten Lösung zur Neubeschickung der Wannen nach jeder Messung stößt im Gelände auf Schwierigkeiten, weil es dort am Meßort an frischem Wasser fehlt. Auch würde sie einen erheblichen Mehraufwand an Chlorcalcium und dessen Transport zu den Meßplätzen erfordern. Man kann den zur Messung abgelassenen Wanneninhalt (eine durch das eingefallene Niederschlagswasser mehr oder weniger verdünnte Lösung) wieder auffrischen, wenn man nach Abmessen von 10 Liter Flüssigkeit je nach Niederschlagsmenge die zur Sättigung fehlende Menge CaCl_2 nach Tab. 1 wieder zufügt.

Herstellung ei

Ausgemessene
Menge (Lit
Beigabe von
Ca Cl 2 (kg

Der abgelassen
bzüglich der b
erbleibt als N

Zur Umrec
m³ bezogen
erschlag.

Zur Auffri
Liter des a
generierten L

nach Inbetri
nuar 1955

beits der W

ch das mi
tte (W 3) ;

anne mit S

1960, in

läßt die

mszahlen

liegen fi

10 bis 1

annen mit

er Wanne

ngszurückl

den Dur

annen mit

ngen als r

und 20

utzt und

ngen. D

hin zu

zurückl

ist als

baren W

viel st

Tabelle 1

Herstellung einer gesättigten Chlorcalcium-Lösung aus der ausgemessenen Wannenfüllung
Ausgangsfüllung: 10 Liter konzentrierte Lösung

Ausgemessene Menge (Liter)	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	40	50	60
Beigabe von Ca Cl 2 (kg)	—	1,8	2,8	3,5	3,9	4,3	4,5	4,7	4,9	5,0	5,1	5,5	5,7	5,8

Beispiel einer Messung

Der abgelassene Wanneninhalt betrug insgesamt	48 360 cm ³
abzüglich der bei der letzten Messung eingefüllten Chlorcalcium-Lösung	9 530 cm ³
verbleibt als Niederschlag	38 830 cm ³

Zur Umrechnung auf mm Niederschlagshöhe (= Liter/m²) von 0,4 m² Auffangfläche auf 1 m² bezogen (mit dem Faktor 2,5 multipliziert) ergibt 97,075 Liter/m² oder 97,1 mm Niederschlag.

Zur Auffrischung der Lösung (Ausgangsmenge 48,4 Liter) werden gemäß Tabelle 1 auf 10 Liter des abgelassenen Wanneninhalts 5,7 kg Chlorcalciumpulver benötigt. Von dieser regenerierten Lösung sind zur Neufüllung 10 Liter abzumessen.

4. Einfluß des Spritzschutzes

Nach Inbetriebnahme dreier Meßwannen von einfachem V-Profil (Abb. 1 a) im Januar 1955 zeigten sich alsbald Spritzwasserverluste durch Ölflecke am Boden beiderseits der Wannen an. Im September 1956 wurden zwei dieser Wannen (W 1, W 2) durch das mit Spritzschutz versehene Baumuster (Abb. 1 b) ersetzt, während die dritte (W 3) zunächst noch im Einsatz blieb und erst im November 1960 gegen eine Wanne mit Spritzschutz ausgetauscht wurde. Die Zeit von Oktober 1956 bis Oktober 1960, in der beide Typen nahe beieinander im gleichen Bestand verwendet wurden, läßt die Wirkung des Spritzschutzes deutlich hervortreten (Tab. 2). Die Verhältniszahlen zum Niederschlag im Freiland liegen für W 3 (ohne Spritzschutz) um 10 bis 15 % niedriger als bei den Wannen mit Spritzschutz, ein Anteil, den dieser Wannentyp zusätzlich als Niederschlagszurückhaltung vortäuscht. Nimmt man den Durchschnitt der in den beiden Wannen mit Spritzschutz aufgefangenen Mengen als repräsentativ an, so sind davon rund 20 % in W 3 wieder herausgespritzt und für die Messung verlorengegangen. Den Werten der Tab. 2 ist weiterhin zu entnehmen, daß die Niederschlagszurückhaltung im Sommer etwas größer ist als im Winter und daß die vergleichbaren Werte der Wannen 1 und 2 im Winter viel stärker streuen als im Sommer.

Tabelle 2

Vergleich von Meßwannen ohne und mit Spritzschutz, Hohenpeißenberg, Nb, 960 m NN, Oktober 1956 bis Oktober 1960

Niederschlagsmengen im Bestand, ausgedrückt in Prozenten des Niederschlags im Freiland

	Mit Spritzschutz		Ohne Spritzschutz W 3
	W 1	W 2	
Sommer (V-X) ...	62	60	48
Winter (XI-IV) ..	70	59	52
Jahr	64	59	49

Es könnte eingewandt werden, daß die in W 3 (ohne Spritzschutz) angezeigte niedrigere Niederschlagsmenge durch dichteren Kronenschluß an deren Aufstellungsplatz bedingt und die dort größere Niederschlagszurückhaltung reell sei. Dem stehen die Werte der Tab. 3 entgegen, in der das Verhältnis des Durchschnitts der Wannen 1 und 2 zur Wanne 3 aufgeführt ist. Die

Tabelle 3

Verhältnis des Durchschnitts der Wannen 1 und 2 (mit Spritzschutz) zur Wanne 3 (bis Oktober 1960 ohne, ab November 1960 mit Spritzschutz) (‰)

Ww - Jahr	W (1, 2) : W 3 Winter	W (1, 2) : W 3 Sommer
1957	122	118
1958	131	131
1959	112	128
1960	135	127
1961	91	82
1962	87	83
1963	90	87
1964	91	86

Verhältniszahlen ändern sich sprunghaft seit dem Auswechseln der Wanne 3 gegen eine solche mit Spritzschutz im Oktober 1960. Während bis zum Sommer 1960 in den Wannen 1 und 2 das 1,2- bis 1,3-fache der in W 3 (ohne Spritzschutz) aufgefangenen Mengen gemessen wurde, bleibt der Auffang seit November 1960 im Winter um etwa 10 ‰, im Sommer um mehr als 15 ‰ niedriger als bei W 3. Erst diese Differenz ist reell und zeigt an, daß am Aufstellungsplatz von W 3 weniger zurückgehalten wird, der Kronenschluß also weniger dicht ist als an den beiden anderen Plätzen, die sich in ihrer Auswirkung auf die Niederschlagszurückhaltung ähnlich verhalten.

5. Messungen mit kleinen Auffangflächen

Auch nach dem Einsatz von Meßwannen blieb im Meßfeld „Nordbestand“ ein einzelner HELLMANNscher Niederschlagsmesser mit 200 cm² Auffangfläche (Nb) in Betrieb. Damit bot sich die Möglichkeit, durch Vergleich der Meßergebnisse von Wannen und Einzelregensmesser, dessen mehrfach in Zweifel gezogenen Aussagewert (siehe Abschnitt 1) zu überprüfen.

Flüssiger Niederschlag wird in viel besserer Verteilung zum Waldboden gelangen als fester Niederschlag. Kleintropfiger (Land-, Niesel-)Regen wird dabei zunächst in den Kronen abgelagert und von dort großtropfig weiterfallen. Großtropfiger (Schauer-)Regen schlägt dagegen infolge größerer Tropfengewichte und höherer Fallgeschwindigkeit viel eher durch; dabei zerteilen sich die Tropfen, und das Tropfenspektrum am Waldboden verschiebt sich nach kleineren Tropfengrößen hin. Im Winter bieten die langen Kronen der Fichte den viel leichteren und daher — mehr oder weniger — schräg einfallenden Niederschlagsteilchen eine viel größere Oberfläche dar. Bei Schneefall lagert daher der Niederschlag zunächst überwiegend im Kronenraum ab, feuchter Schnee mehr noch als trockener. Feuchter Schnee wird von dort, sehr unregelmäßig verteilt, in größeren Klumpen zum Waldboden durchfallen, während trockener Schnee durch Wind abgeschüttelt wird oder mit beginnender Einstrahlung von der Unterlage abgleitet. Dabei zerstreuen die einzelnen Schneepakete und rieseln in dichten Wolken, besser als feuchter Schnee, aber dennoch ungleichmäßig verteilt, zum Waldboden. Graupel- und Hagelkörner verhalten sich ähnlich wie großtropfiger Regen; sie schlagen, gut verteilt, durch den Kronenraum durch, ohne allerdings ihre Struktur wesentlich zu verändern. Flüssig abgelagerter Nebelniederschlag sammelt sich, wie Nieselregen, zunächst in den Kronen und fällt großtropfig, entsprechend dem Kronenaufbau verteilt, zum Waldboden. Auch die Nebelfrostablagerungen (8) fallen breit zum Waldboden. Der bei Temperaturen unter —8° C gebildete, spröde, kristalline Rauheis löst schon bei geringeren Windstärken ab und streut in feiner Verteilung breit zum Boden, während die viel ergiebigeren, im Bereich zwischen 0° und —7° C gebildeten Ablagerungen amorphen Eises (Rauheis, Rauhfrost) sich von ihren Haftflächen erst beim Übergang zu Tauwetter lösen und dann stärker geballt, aber doch noch mehr verteilt, als feuchter Schnee zum Waldboden fallen. Mit diesem ver-

chiedenen Verhältnissen am gleichen Standort aufgefangenen Mengen

Die Durchschnittswerte der Prozentabweichungen der Tab. 4, vorläufige Mengen an, aber das Verhältnis

Vergleich der Mittelwerte gedrückt in

Ww -	
1957	
1958	
1959	
1960	
1961	
1962	
1963	
1964	
Durchschnitt	
Mittlere Abw.	

rechnungen von zusammengefaßt, den Auffangflächen, die in der stärkeren einer kleineren Klassen werden. Die Abweichungen für das weitestgelegene allgemeine Abweichungen aus den verschiedenen besserer zur Beurteilung. Nach M. arbeiten im Bereich der Aufstellung der Anordnung dem Abstand der Untersuchungen. DRUP P. endiger, e. 1963; für

schiedenen Verhalten von flüssigem und festem Niederschlag läßt sich erklären, warum die am gleichen Standort von den einzelnen Meßbehältern — Einzelgefäßen oder Wannen — aufgefangenen Mengen im Winter stärker streuen als im Sommer.

Die Durchschnittswerte für die acht Wasserwirtschaftsjahre 1957 bis 1964, in Prozenten der gleichzeitig im Freiland ermittelten Niederschlagshöhen ausgedrückt (Tab. 4, vorletzte Zeile), zeigen für das Einzelgefäß (Nb) im Sommer wie im Winter Mengen an, die innerhalb der Abweichungen zwischen den einzelnen Wannen bleiben. Aber das Verhalten in den einzelnen Jahren, wie es Tab. 4 für jede Meßstelle in Ab-

Tabelle 4

Vergleich der Wannen und eines einzelnen Regenmessers. Niederschlagsmengen im Bestand, ausgedrückt in Prozenten des Niederschlags im Freiland, in Abweichungen von dessen Durchschnittswert. Hohenpeißenberg, Nordbestand, 960 m NN

Ww - Jahr		Winter (XI-IV)				Sommer (V-X)				Jahr			
		Nb	W 1	W 2	W 3	Nb	W 1	W 2	W 3	Nb	W 1	W 2	W 3
Abweichungen vom Durchschnitt	1957	11	15	14	—	2	6	6	—	4	8	8	—
	1958	4	3	3	—	4	3	0	—	4	3	-2	—
	1959	6	2	3	—	-7	1	-2	—	-2	5	3	—
	1960	-3	-6	-8	—	7	1	1	—	4	-1	-2	—
	1961	-15	-5	-6	-6	-8	-6	-3	-4	-10	-6	-4	-5
	1962	-6	-4	0	0	-9	-7	-8	-7	-7	-5	-4	-4
	1963	-5	-6	0	-7	3	0	-1	-3	1	-2	-1	-4
	1964	9	4	6	4	1	0	2	1	3	1	3	2
Durchschnitt 1957-1964		67	68	60	(71)	64	59	57	(68)	65	62	58	(69)
Mittlere Abweichung ..		8,9	7,2	7,1	5,8	6,2	4,3	4,1	5,0	5,5	4,9	4,2	4,5

weichungen vom Durchschnitt ausdrückt und durch die mittlere Abweichung zusammenfaßt, läßt für das Einzelgefäß erwartungsgemäß eine stärkere Streuung erkennen. Auffällig ist der hohe Winterwert der mittleren Abweichung für Nb mit 8,9 %, der in dieser Höhe nur durch die Wintermessung 1961 zustande gekommen ist, die stärker von den Wannen abweicht als in den übrigen Jahren. Das Einzelgefäß mit seiner kleinen Auffangfläche kann eher von einem herabfallenden Schneepaket ausgelassen werden als die zwanzigmal größere Fläche der Wanne. Berechnet man die mittlere Abweichung nur aus sieben Wintern, ohne den Winter 1961, so zeigen die Werte für das Einzelgefäß sogar eine geringere Streuung an als für eine der beiden nächstgelegenen Wannen W 1 und W 2 (Nb: 7,35; W 1: 5,55; W 2: 7,41; W 3: 5,70). Im allgemeinen zeigen Wannen und Einzelgefäße gleichsinnige Tendenzen; gelegentliche Abweichungen hiervon finden sich bei beiden Arten von Meßbehältern.

Aus den Vergleichsmessungen wird der Schluß gezogen, daß die Messungen mit Wanne bessere Durchschnittswerte erbringen, aber auch der Einsatz von Einzelgefäßen zur Beantwortung spezieller Fragestellungen zu brauchbaren Meßergebnissen führt. Nach Möglichkeit sollten jedoch Einzelgefäße wie Wannen, um den Verschiedenheiten im Kronenschluß Rechnung zu tragen, mehrfach eingesetzt werden. Daß bei der Aufstellung mehrerer Meßbehälter in einer Gruppen- oder einer kreuzförmigen Anordnung noch systematische Unterschiede der Ergebnisse zu erwarten sind, die mit dem Abstand der einzelnen Auffangflächen vom Stamm zusammenhängen, haben die Untersuchungen von HOPPE (3) und deren Interpretation durch GODSKE und SCHIEDRUP PAULSEN (4, dort S. 7) bewiesen. Das Einzelgefäß ist in der Bedienung aufwendiger, es erfordert ein tägliches Ausmessen und (im Winter) Auswechseln des Gefäßes; für Sammelmessungen ist die Wanne vorzusehen. An Stelle der Wannen

ließen sich auch Niederschlagssammler (Totalisatoren) verwenden, deren Inhalt bei einer Auffanghöhe von etwa 2 m besser jedem unberechenbaren Zugriff von Mensch und Tier entzogen ist. Aber die Wanne bleibt dem Totalisator mit seinem 200 cm² Auffangfläche überlegen, wenn die Messungen auch den Winter über fortgeführt werden sollen. Der Totalisator bietet zwar eine kleinere Benetzungsfläche dar, aber sein oberer konischer Teil begünstigt die Bildung einer Schneekappe, mit der die Auffangöffnung langsam zuwächst. Der Totalisator muß von einem Spezialhersteller bezogen werden; Wannen können durch einen örtlichen Spengler hergestellt werden.

6. Die Haushaltsgleichung für den Niederschlag im Walde

Die Wirkungsglieder, welche die Menge des auf den Waldboden gelangenden Niederschlags bestimmen, lassen sich durch eine einfache Haushaltsgleichung ausdrücken:

$$R = (D + A) + Z \quad (1)$$

Einnahme Verbleib Verlust

Die Niederschlagszurückhaltung (Z) als Verlustposten errechnet sich aus der Differenz zwischen dem Freilandniederschlag (R) und dem für die Bilanz des Bestandes verbleibenden Niederschlagswasser, das als Kronendurchfall (D) und als Stammabfluß (A) zum Waldboden gelangt. Wo Nebelablagerungen eine Rolle spielen, tritt auf der Einnahmeseite dieser Gleichung zum freien Niederschlag (R) noch ein Nebelzuschlag (N) hinzu, der zum größten Teil zum Waldboden abtropft und die durchgefallene Niederschlagsmenge (D_R) um einen Anteil (D_N) vermehrt. Ebenso erhöht sich die Zurückhaltung freien Niederschlags im Kronenraum (Z_R) um einen Anteil (Z_N), der von den Nebelablagerungen herrührt. Die vollständige Haushaltsgleichung lautet dann

$$(R + N) = [(D_R + D_N) + A] + (Z_R + Z_N). \quad (2)$$

Von diesen Wirkungsgliedern lassen sich meßtechnisch unmittelbar erfassen

- | | |
|-----------------|---|
| R | durch Niederschlagsmesser im Freiland, |
| ($D_R + D_N$) | durch Auffang des durch die Kronen abtropfenden Niederschlagswassers inmitten des Bestandes, |
| A | durch Auffang des an den Stämmen ablaufenden Niederschlagswassers in einer besonderen Stammabflußmeßanlage. |

Der Nebelniederschlag (N) als Zuschlag zum freien Niederschlag kann näherungsweise bestimmt werden, wenn die Ablagerungen an einem definierten Nebelfänger als atmosphärisches Angebot im Freiland gemessen und mit einem experimentell am Standort zu ermittelnden Reduktionsfaktor auf den jeweiligen Bestand übertragen werden [Näheres siehe (1), S. 32-35]. Die beiden Komponenten des im Bestand aufgefangenen Niederschlagswassers, D_R aus freiem Niederschlag und D_N aus Nebelablagerungen, lassen sich in einem Näherungsverfahren trennen, wenn zuvor aus Messungen mit Einzelgefäßen eine Bezugslinie abgeleitet wurde, die den Kronendurchfall in Abhängigkeit von Tagesmengen des freien Niederschlags nur für nebelfreie Tage darstellt. In Fichtenbeständen kann die Differenz Niederschlag minus Durchfall der Zurückhaltung gleichgesetzt und der nur sehr geringfügige Stammabfluß vernachlässigt werden (siehe Abschnitt 8). Dann läßt sich für Nebeltage mit der Niederschlagssumme des Freilandes aus der für nebelfreie Tage gültigen Bezugskurve der auf den freien Niederschlag entfallende Anteil durchgefallenen Wassers (D_R) und der entsprechende Anteil an der Zurückhaltung (Z_R) entnehmen (siehe Abb. 2). Der effektiv aufgefangene Durchfall liegt jedoch an Nebeltagen höher. Die Differenz entspricht dem auf die Nebelablagerungen entfallenden Anteil (D_N) an der durchgefallenen Menge. Mit dem in der Kurve dem Gesamtdurchfall entsprechenden Niederschlagswert ist sowohl die gesamte Zurückhaltung ($Z_R + Z_N$), als auch die Summe ($R + N$) festgelegt, die nach Abzug von Z_R die zurückgehaltenen Nebelablagerungen (Z_N) bzw. nach Abzug des freien Niederschlags (R) den Nebelzuschlag (N)

bestimmen läßt. eine zweite Mög- näherungsweise- mung von N, oh- nahme eines N- gegeben, die- auf die Verhä- Standort bezoge- wohl dieses Erm- fahren nur auf d- liche Verhältniss- ist, vermag es- liche Hinweise a- Anordnung der- Komponenten zu

In den bish- trachtungen b- der Einfluß ein- bewuchses un- gt. Wo der N- eine Kraut-, (Moosvegetatio- wird die durch- enraum dur- Niederschlagsn- als durch Zur- in dieser K- verringert. D- istposten kan- chen Beträge- die die Zur- durch den Bau- die Bilanzgle- müßte, um die- berücksicht- die Glieder- und Z_K ergän- eine Beurteilu- Freilandnieder- chen Schwie- Krautschic- hungen vor- mente belege- dann aller- apotranspi- metern de- Auswirkun- gtig werde- weisen.

ren Inhalt be
ff von Mensch
einem 200 cm
rtgeführt wer
dar, aber sein
r die Auffang
steller bezogen
den.

alder

genden Nieder
ausdrücken:

(1)
aus der Diff
des Bestande
als Stammab
le spielen, tr
noch ein Neb
und die durch
Ebenso erhö
m einen Ant
ushaltsgleichu

(2)
erfassen

Niederschlag

Niederschlag

n näherungswe
r als atmosphä
ort zu ermitte
Näheres siehe
chlagswassers;
einem Näheru
ugslinie abgele
ien Niedersch
Niederschlag m
Stammabfluß
der Niedersch
ler auf den fre
tsprechende A
fangene Durch
Nebelablageru
urve dem Ges
haltung ($Z_R + Z_N$)
gehaltenen Ne
Nebelzuslag

bestimmen läßt. Damit ist eine zweite Möglichkeit zur näherungsweisen Bestimmung von N , ohne Zuhilfenahme eines Nebelfängers, gegeben, die unmittelbar auf die Verhältnisse am Standort bezogen ist. Obwohl dieses Ermittlungsverfahren nur auf durchschnittliche Verhältnisse abgestellt ist, vermag es doch nützliche Hinweise auf die Größenordnung der einzelnen Komponenten zu liefern.

In den bisherigen Betrachtungen blieb noch der Einfluß eines Bodenbewuchses unberücksichtigt. Wo der Waldboden eine Kraut-, Gras- oder Moosvegetation trägt, wird die durch den Kronenraum durchgefallene Niederschlagsmenge nochmals durch Zurückhaltung in dieser Krautschicht verringert. Dieser Verlustposten kann die gleichen Beträge erreichen wie die Zurückhaltung durch den Baumbestand. Die Bilanzgleichung (2) müßte, um diesen Einfluß zu berücksichtigen, noch um die Glieder D_K , A_K und Z_K ergänzt werden.

Eine Beurteilung des Wasserhaushalts solcher Waldböden nur nach den Mengen des Freilandniederschlags muß zu schwerwiegenden Fehlschlüssen führen. Die meßtechnischen Schwierigkeiten zur Erfassung der Zurückhaltung und des Stammabflusses in der Krautschicht sind groß. Es liegen daher nur ganz vereinzelte einschlägige Untersuchungen vor (siehe 2, S. 40), die aber eindringlich die Wichtigkeit auch dieser Komponente belegen. Erst eine gemeinsame Erfassung von Krautschicht und Wurzelraum, die dann allerdings auch das zur Transpiration benötigte Wasser einbezieht, also die „Evapotranspiration“ umfaßt (9), steht wieder – viel aufwendiger – mit wägbaren Lysimetern der Messung offen. Bei den Arbeiten auf dem Hohenpeißenberg konnten die Auswirkungen dieses Faktors auf den Verbleib der Niederschläge nicht berücksichtigt werden, weil die untersuchten Bestände keine geschlossene Bodenvegetation aufweisen.

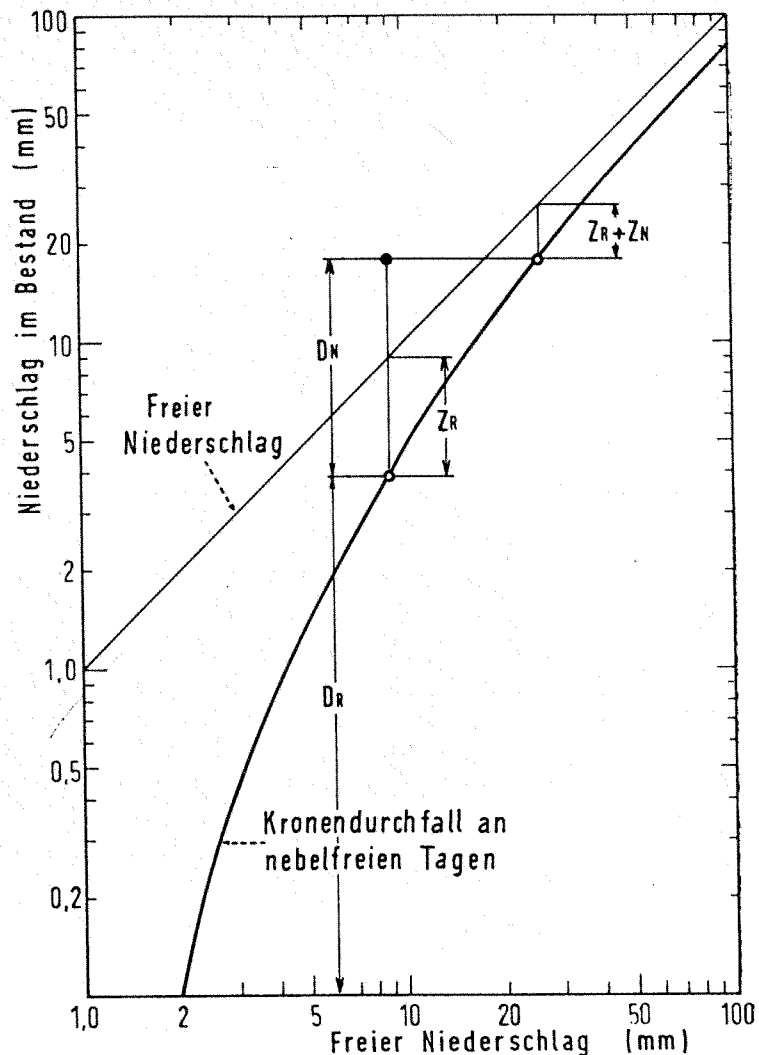


Abb. 2. Berechnung des Nebelzuslags aus der für nebelfreie Tage abgeleiteten Kurve des Niederschlagsdurchfalls. Erläuterungen im Text

gehalt der ablagernden Wolken, die Richtung und Geschwindigkeit der ablagernden Luftströmungen und die Andauer einer Nebelwetterlage und werden von den groß- und kleinklimatischen Voraussetzungen zur Nebelbereitschaft bestimmt. Als geographische Faktoren sind die Seehöhe und der Kontinentalitätseffekt anzusehen. In Mitteleuropa treten Nebelablagerungen an den Rändern der nach Nordwesten dem Meere zu vorgeschobenen Mittelgebirge schon von 500 m Seehöhe ab in Erscheinung. Je weiter die feuchten Luftmassen in den Kontinent einfließen, desto mehr trocknen sie ab, und desto höher steigt das Kondensationsniveau. Südlich des Mains ist erst ab 600 m und südlich der Donau von etwa 700 m Seehöhe ab mit einem nennenswerten Nebelzuslag zu rechnen. Die orographische Komponente des Lokalklimas wird in erster Linie durch den Hangeffekt ausgelöst, der die Kondensation auf der Luvseite fördert, auf der Leeseite die Wolkenauflösung bedingt und durch die dynamische Wirkung des Strömungsfeldes lokale Verstärkungen oder Abschwächungen oder eine Ablenkung des Windes hervorruft.

Die jeweilige Wetterlage löst dann die aktuellen Fälle des Auftretens von Nebelniederschlag aus. Mit der herangeführten Luftmasse sind deren Feuchtigkeitsgehalt und die Höhe des Kondensationsniveaus, mit dem Stromfeld die Richtung und Geschwindigkeit der ablagernden Luftströmung, mit dem Ablauf des Wettergeschehens die Dauer der Ablagerungen vorgegeben. Die an bestimmte Wetterlagen gebundene wechselnde Ergiebigkeit der Nebelablagerungen ist noch von wolkenphysikalischen Gegebenheiten abhängig, die sich in einer unterschiedlichen Mikrostruktur der Wolken bei verschiedenen Luftmassen ausdrücken. So ist z. B. polare Kaltluft durch das Überwiegen kleiner Tropfengrößen gekennzeichnet, die nur geringfügige Ablagerungsmengen erbringen. Dagegen weist Warmluft aus gemäßigten oder subtropischen Breiten ein viel breiteres Tropfenspektrum und einen höheren Anteil größerer Tropfen auf, die viel ergiebiger ablagern. Gerade bei den langdauernden Staulagen an Gebirgsrändern, aber auch in dichten Küstennebeln ist als typische Alterungserscheinung ein starkes Anwachsen der Tropfen und ein breites Tropfenspektrum gegeben. Dabei kommt es zu starken Ablagerungen von Nebelniederschlag, ohne daß freier Niederschlag in nennenswerter Menge fällt.

Wegen dieser Vielfältigkeit der Einflüsse auf die Niederschlagszurückhaltung wird der durch den Kronenraum zum Waldboden durchtropfende Anteil des Niederschlags immer mehr oder weniger große Unterschiede zeigen. Es bedarf schon mehrjähriger Beobachtungsreihen, um zu einigermaßen aussagekräftigen Ergebnissen zu kommen. Die mit dem Wachstum des Bestandes stetige, wenn auch langsame Änderung des Milieus setzt jedoch der Dauer eines Versuchs Grenzen. Als sinnvoll erscheinen Meßreihen von wenigstens fünf und höchstens zehn Jahren. Ausreichendes statistisches Ausgangsmaterial zur Errechnung eines charakteristischen Durchschnitts läßt sich nicht durch Verlängerung einer Beobachtungsreihe, sondern durch Vermehrung der Meßstellen unter möglichst gleichartigen Bedingungen herbeischaffen.

8. Meßergebnisse

a. Die Niederschlagszurückhaltung

Die in Tab. 5 mitgeteilten Werte der Niederschlagszurückhaltung wurden aus Messungen des durch die Kronen zum Waldboden tropfenden Niederschlags abgeleitet. Messungen des Stammabflusses wurden am Hohenpeißenberg nicht durchgeführt. Nach EIDMANN (6) ist er bei der Fichte so gering (im Sommer etwa 0,7 %, im Winter etwa 1 %), daß er im Wasserhaushalt des Bestandes praktisch keine Rolle spielt.

Tabelle 5

Niederschlagszurückhaltung in Fichtenbeständen in % des Freilandniederschlags. Hohenpeißenberg, Nordbestand, 960 m NN. Durchschnitt der Wasserwirtschaftsjahre 1961–1964

		Nb	W 1	W 2	W 3	W 4	W 5
Bezogen auf H 500	Winter	37	35	40	31	42	35
	Sommer	38	44	45	35	45	32
	Jahr	38	41	43	34	44	33
NHS	Winter	48	46	50	42	52	46
	Sommer	46	51	52	43	52	40
	Jahr	47	49	51	43	52	42

Im Durchschnitt der Wasserwirtschaftsjahre 1961–1964 wurde für die zwei untersuchten Fichtenbestände am Nordhang des Hohenpeißenberges (Nb, W 1, W 2, W 3: 50-jährig; W 4, W 5: 30-jährig) die Niederschlagszurückhaltung, bezogen auf den Standardniederschlagsmesser des Hauptbeobachtungsfeldes, H 500, zu etwa 39 % des Freilandniederschlags ermittelt. Im Sommer gelangen im älteren Bestand etwa 5 % mehr in Verlust als im Winter, während der jüngere, noch dichtere Bestand keinen wesentlichen Unterschied zwischen den Jahreszeiten zeigt. Die vier Meßstellen des älteren Bestandes weichen maximal um 9 %, die zwei Meßstellen des jüngeren Bestandes um 11 % voneinander ab. Damit ist für den letzteren Standort eine verlässliche Aussage noch nicht gewährleistet, die Zahl der Meßstellen wäre hier zu vermehren.

Die berechneten Werte der Zurückhaltung hängen wesentlich von der Wahl einer für die Niederschlagsverhältnisse im Freiland repräsentativen Bezugsmeßstelle ab. Schon in flachem Gelände ist diese Entscheidung nicht leicht zu treffen, wenn Auswirkungen eines Regenschattens oder lokaler Verstärkungen durch Luv- und Lee-Effekte in Lichtungen und an Bestandsrändern ausgeschaltet werden sollen [siehe (3) und (4)]. Im gebirgigen Gelände wird diese Auswahl wegen des zusätzlichen Hangeffektes und der verstärkten Windeinwirkungen auf den Meßvorgang noch schwieriger. Bei den in der unteren Hälfte der Tab. 5 mitgeteilten Werten wurden die Be-

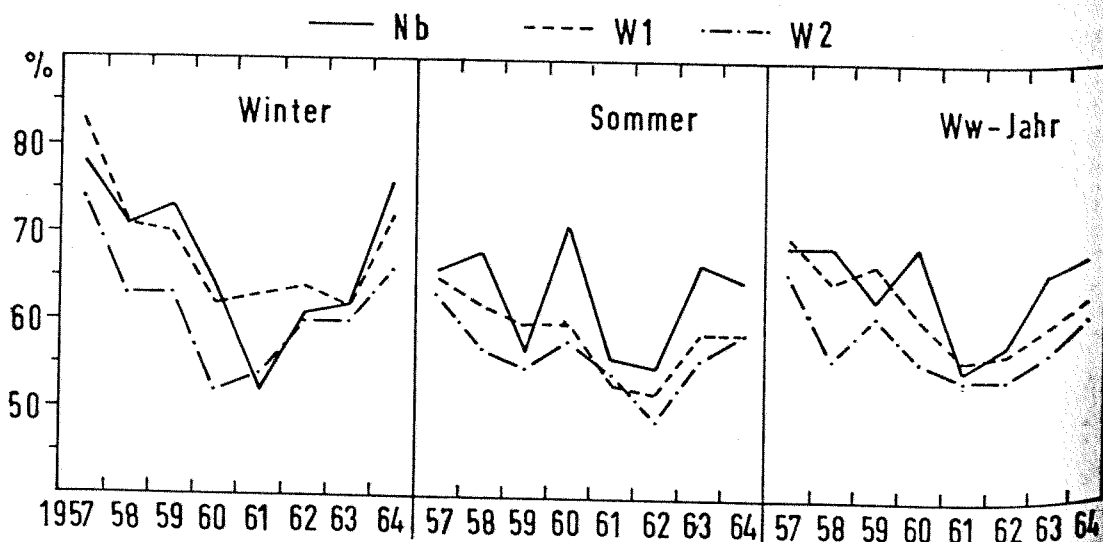


Abb. 3. Niederschlag im Bestand, ausgedrückt in Prozenten des Niederschlags im Freiland. Hohenpeißenberg, Nordbestand, 960 m NN.

ags. Hohen-
e 1961-1964

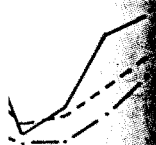
W 5

35
32
33
46
40
42

zwei unter
, W 2, W 3
gen auf den
wa 39 % de
d etwa 5 %
stand keinen
ßstellen de
jüngeren Be
eine verläß
hier zu ver

r Wahl eine
neßstelle ab
, wenn Aus
v- und Lee
en [siehe (3
lichen Hang
noch schwie
rden die Be

/w - Jahr



61 62 63 64

s im Freiland

standsmessungen auf eine nahegelegene Hangstation in gleicher Exposition und genau gleicher Höhenlage bezogen, deren Niederschlagsmesser NHS mit flexiblem Windschutz und hangparalleler Auffangfläche ausgerüstet ist (12). Die hier aufgefangenen Mengen liegen um durchschnittlich 15 % höher als auf dem Hauptfeld im Gipfelbereich; sie dürften dem Niederschlagsauftrag, wie ihn die nach Norden zu exponierten gipfelnahen 15°-Hänge des Hohenpeißenberges empfangen, am nächsten kommen. Mit diesen höheren Bezugswerten erhöht sich auch die durchschnittliche Jahresmenge zurückgehaltenen Niederschlags für beide Standorte auf 47 %.

Stärker noch als die Durchschnittswerte der einzelnen Meßstellen beider Standorte untereinander unterscheiden sich die zum Waldboden durchfallenden Anteile des Niederschlags witterungsbedingt von Jahr zu Jahr (Abb. 3). Innerhalb der einzelnen achtjährigen Meßreihen schwanken die Jahressummen maximal um 16 %. Die Differenzen liegen im Sommer mit 14 % etwas niedriger, steigern sich aber im Winter auf etwa 23 %. An diesen Schwankungen sind alle Meßstellen mit etwa gleichen Beträgen beteiligt, das Einzelgefäß Nb um etwa 2 % stärker als die Wannen. Die Ursachen hierfür können nicht im Zufall des lokalen Standortes liegen, der allein unregelmäßig streuende Differenzen der Meßstellen unterein-

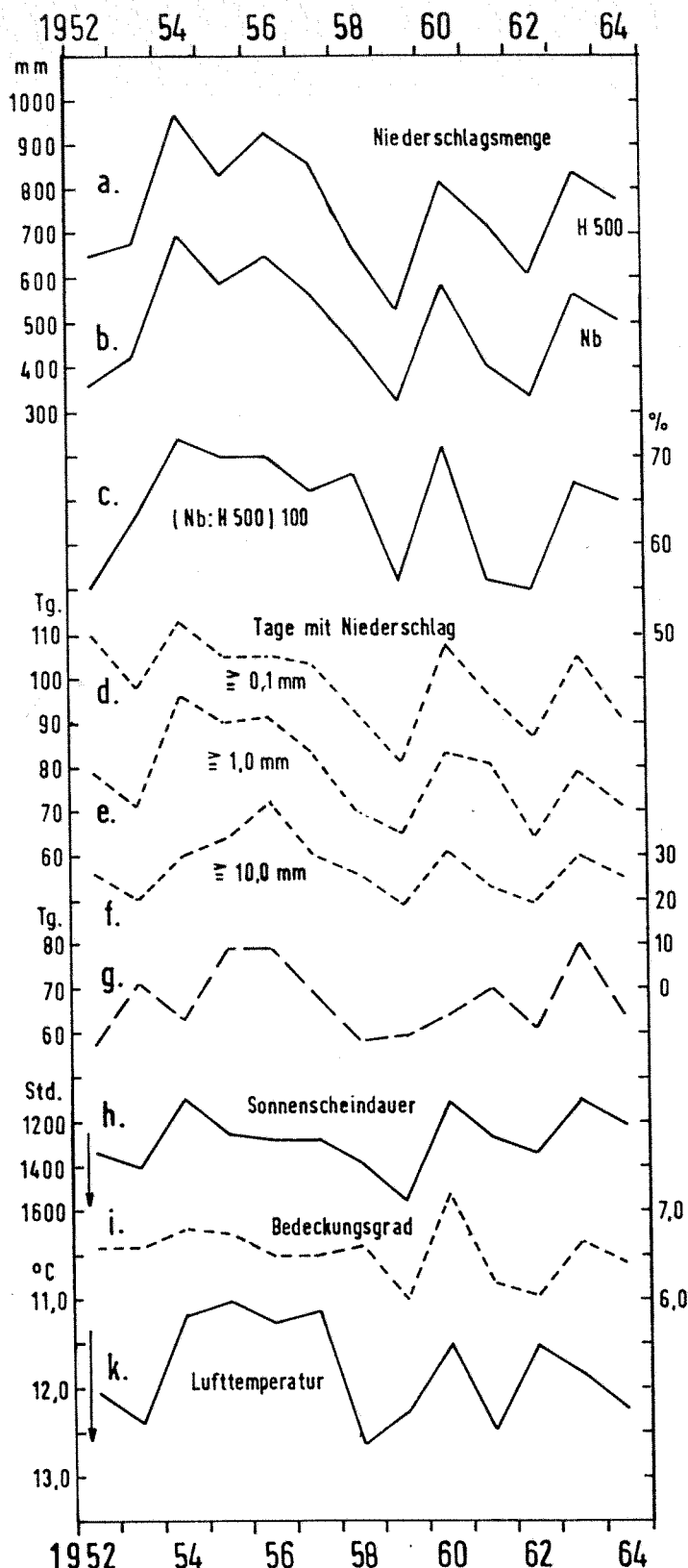


Abb. 4. Vergleich des Niederschlags im Bestand mit meteorologischen Wirkungsfaktoren. Durchschnitts- bzw. Summenwerte Mai bis Oktober

ander hervorrufen würde, sondern müssen in den wetterbedingten Variationen der Niederschlagsverhältnisse von Jahr zu Jahr (Menge und Struktur) und der sonstigen die Zurückhaltung beeinflussenden meteorologischen Faktoren gesucht werden. Die bis zum Winter 1961 bzw. Sommer 1962 aus den Ganglinien der Abb. 3 ersichtliche Tendenz hätte auf eine sich stetig erhöhende Zurückhaltung infolge zunehmender Verdichtung des Kronendaches schließen lassen, wenn die Beobachtungsreihe nach fünf Jahren zu diesem Zeitpunkt abgebrochen worden wäre. Seit dem Winter 1962 ist jedoch der zurückhaltende Anteil wieder kleiner geworden und auf seine früheren Werte zurückgependelt. Auch dieser Wechsel kann nicht mit Änderungen der lokalen Meßbedingungen, sondern nur mit Witterungsschwankungen erklärt werden.

Die Beziehungen zu den auf die Niederschlagszurückhaltung wirksamen Witterungsfaktoren werden aus Abb. 4 ersichtlich, die deren Durchschnittswerte für das Sommerhalbjahr (Mai bis Oktober) des 13jährigen Zeitraumes 1952 bis 1964 darstellt. Mit der Niederschlagsmenge im Freiland (a) schwankt gleichsinnig nicht nur die zum Waldboden durchgefallene Menge (b), sondern auch deren Verhältnis zum Freilandniederschlag (c), weil die Niederschlagshäufigkeit (d, e, f) als maßgebend für die Benetzung einen gleichen Verlauf zeigt. Auch im Gang der Elemente, die auf die Verdunstung des im Kronenraum zurückgehaltenen Wassers Einfluß haben, finden sich gleichartige Schwankungen wieder, bei der Sonnenscheindauer (h) und deren angenähertem Kehrwert, der Bewölkungsmenge (i), und bei der Temperatur (k). Nur der Gang der Durchschnittstemperaturen zeigt in einigen Jahren gewisse Abweichungen, insbesondere bei den Spitzenwerten der Reihe, weil die Variationen der Sonnenscheindauer nicht immer mit gleichgerichteten Temperaturanomalien zusammenfallen.

Auch die Nebelhäufigkeit (g) weicht in einzelnen Jahren von den übrigen Elementen ab. Hier wirkt sich ein ausgeprägter Jahresgang in der Zahl der Tage mit Nebel

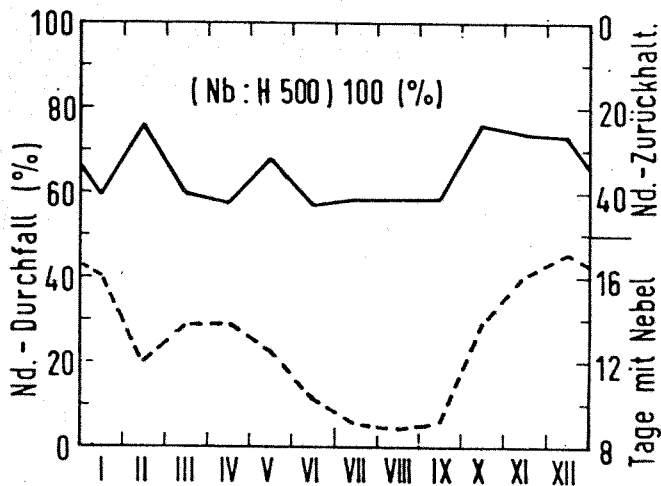


Abb. 5. Jahresgang des durchfallenden Niederschlagsanteils und der Zahl der Tage mit Nebel. Monatliche Durchschnittswerte 1957—1964. Hohenpeißenberg, Nordbestand, 960 m NN

aus (Abb. 5). Sie treten in den Sommermonaten erheblich zurück und kommen erst in den Übergangsmonaten wieder häufiger vor. Dementsprechend erhöht sich im Oktober der Anteil durchfallenden Niederschlags (Abb. 5, oben). In der Februar-Spitze wirkt sich die im Kronenraum zunächst gespeicherte Schneemenge aus, die teilweise noch von festen Niederschlägen aus dem Januar stammt. Die Mai-Spitze findet ihre Erklärung durch die vorherrschende Schauerstruktur der Niederschläge dieses Monats, die überwiegend großtropfig sind.

b. Die ausgleichende Wirkung des Nebelniederschlags

Eine Häufigkeitsanalyse der Tagessummen des Niederschlags von Freiland, Bestandsinnerem und Bestandsrand (Abb. 6 und Tab. 6) zeigt, daß an nebelfreien Tagen der Niederschlag im Bestand durch die Zurückhaltung auf kleinere Einheiten reduziert wird. In 27 % aller Fälle war die Menge im Freiland zu gering, um noch gemessen

kumulierte
ohne und n

Gesamtzahl

Med. stelle	Nebel	
H	ohne	
	mit	
Nb	ohne 1	
	mit	
Fi	ohne 1	
	mit	

werden zu l
Bestandsrand s
amt 55 %,
und am Bes
und im Fre
nebelfreien

Tagessumme

en, sank de
auf 2,1 % ur

und auf 2
Nebel zeigt

ung allgem

here Tage

il der nic

schläge geht

in Bestands

Der Anteil

1 mm red

35 % un

und sogar

gegen nur

prechend si

gessumme

6 mm, häufi

jetzt au

mm vor,

haltende

nden sind.

er intensi

Bestands

größten

sspektrum

Niedersch

Nebeltage

charakter

Tabelle 6

Kumulierte prozentuale Häufigkeit von Tagessummen des flüssigen Niederschlags an Tagen ohne und mit Nebel. Vergleich zwischen Freiland (H), Bestandsinnerem (Nb) und Bestandsrand (Fi). Hohenpeißenberg, 1957–1964 (Mai bis Oktober)

Gesamtzahl der Fälle: 384 Niederschlagstage ohne Nebel, 463 Niederschlagstage mit Nebel

Mess- stelle	Nebel	Tagessummen des Niederschlags (mm)										
		.	0,0	0,1	0,2/0,5	0,6/1,0	1,1/2,0	2,1/5,0	5,1/10,0	10,1/20,0	20,1/50,0	> 50
H	ohne	—	27,2	32,4	44,7	54,9	63,8	79,3	90,3	98,4	100,0	
	mit	8,9	14,7	16,9	23,8	27,5	32,9	50,6	67,9	86,0	99,4	100,0
Nb	ohne	11,0	51,3	58,6	71,6	79,2	86,2	93,5	97,9	99,4	100,0	
	mit	3,7	15,3	20,9	37,1	44,2	53,9	66,8	78,7	92,5	99,8	100,0
Fi	ohne	14,3	57,8	68,4	78,0	81,9	87,9	92,1	97,5	98,5	100,0	
	mit	2,4	10,6	14,9	27,0	33,7	41,7	56,4	70,3	85,9	97,6	100,0

werden zu können; im Bestand waren es 51 % und unter dem noch dichteren Bestandsrand sogar 58 %. Auf Tagesmengen bis zu 1 mm entfielen im Freiland insgesamt 55 %, im Bestand aber 79 % und am Bestandsrand 82 %. Während im Freiland noch 9,7 % aller nebelfreien Niederschlagstage eine Tagesmenge von 10 mm überschritten, sank deren Anteil im Bestand auf 2,1 % und unter dem Bestandsrand auf 2,5 %. An Tagen mit Nebel zeigt die Häufigkeitsverteilung allgemein, auch im Freiland, höhere Tagessummen an. Der Anteil der nicht meßbaren Niederschläge geht im Bestand auf 15 %, am Bestandsrand auf 11 % zurück. Der Anteil der Tagessummen bis zu 1 mm reduziert sich im Bestand um 35 % und unter dem Bestandsrand sogar um 48 %, im Freiland dagegen nur um 27 %. Dementsprechend sind nun die höheren Tagessummen, besonders die über 10 mm, häufiger vertreten. Es kommen jetzt auch Tagessummen über 50 mm vor, die zumeist an länger anhaltende Nebelwetterlagen gebunden sind. Durch die Wirkung einer intensiven Nebeltraufe hat der Bestandsrand mit 2,4 % daran den größten Anteil. Das Häufigkeitsspektrum der Tagesmengen des Niederschlags wird also durch die Nebeltage bei allen Meßstellen in charakteristischer Weise ge-

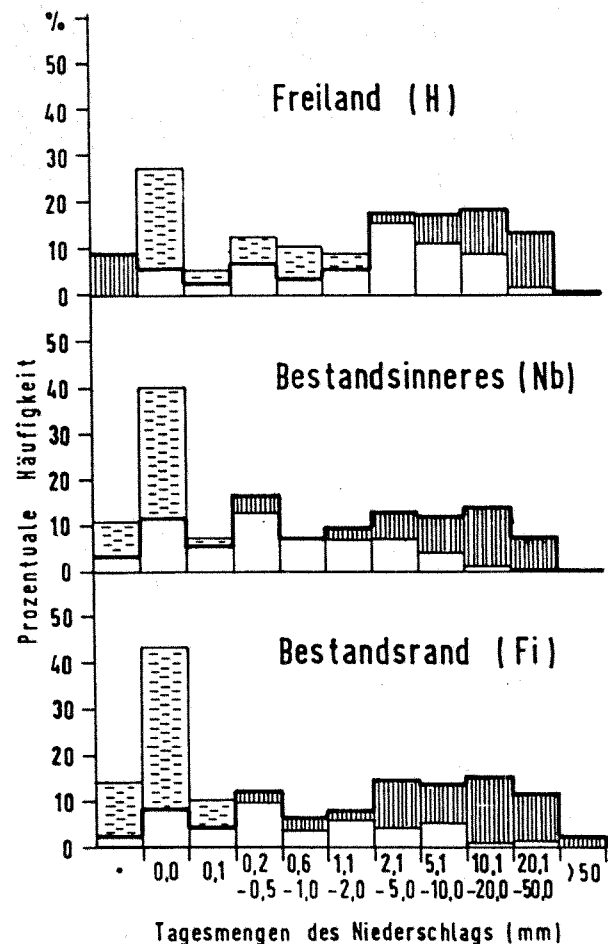


Abb. 6. Häufigkeit von Tagesmengen des flüssigen Niederschlags — an nebelfreien Tagen — an Tagen mit Nebel. Hohenpeißenberg, 1957 bis 1964 (Mai bis Oktober)

ändert, am stärksten im Bestand, wo die zusätzlichen Ablagerungen von Nebelniederschlag die nachteilige Wirkung der Zurückhaltung weitgehend aufheben.

Die Menge des zusätzlich abgelagerten Nebelniederschlags wurde für die Sommermonate des achtjährigen Zeitraums 1957 bis 1964 nach dem in Abschnitt 6 mitgeteilten Näherungsverfahren ermittelt (Tab. 7). Die Ableitung aus Tageswerten

Tabelle 7

Niederschlag im Bestand (D), aufgegliedert in durchgefallenen Niederschlag (D_R) und Zuschlag aus Nebelablagerungen (D_N) (in Prozenten des Freilandniederschlags). Hohenpeißenberg, 1957–1964, Mai bis Oktober

	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	Sommer
a. Nordbestand (Nb), 960 m, Hanglage							
D	64	61	57	56	62	76	61
D_R	50	49	47	48	47	46	48
D_N	14	12	10	8	15	30	13
b. Bestandsrand (Fi), 975 m, Gipfellage							
D	112	92	76	74	91	164	95
D_R	44	48	40	40	42	40	43
D_N	68	44	36	34	49	124	52

schränkt dessen Anwendung auf flüssigen Niederschlag ein. Fester Niederschlag kann nach Tageswerten wohl im Freiland gemessen werden, nicht aber im Bestand, wo er teilweise zunächst im Kronenraum gespeichert wird. Damit entfällt die Möglichkeit, die Wintermessungen nach Tagen mit und ohne Nebel zu trennen. Für das Bestandsinnere (Tab. 7 a) ergibt sich bei einer aufgefangenen Gesamtmenge von 61 % des Freilandniederschlags ein Anteil von 13 %, der von zusätzlichen Nebelablagerungen herrührt, während der durchgefallene Regenanteil nur 48 % ausmacht. Im Jahresgang steigert sich der Nebelzuschlag von 8 % im Hochsommer auf 30 % im Spätherbst, während der durchgefallene Niederschlagsanteil sich nicht wesentlich ändert. Unter einem dichten Bestandsrand in Gipfellage (Meßstelle Fi, Tab. 7 b) wirken sich die Nebelablagerungen noch viel ergiebiger aus: Während der durchgefallene Niederschlag auf einen Anteil von 43 % zurückgeht, erhöht sich der Nebelzuschlag auf 52 %, so daß die gesamte am Boden aufgefangene Wassermenge fast die des Freilandniederschlags erreicht. In den Übergangsmonaten wird diese Menge noch übertroffen. Im Oktober wird dort unter den Bäumen um 64 % mehr gemessen als im Freiland. Der Anteil durchgefallenen Niederschlags ändert sich dagegen, wie im Bestandsinneren, nur wenig. Als Extremfall sei hier die Nebelwetterlage vom 25. bis 29. April 1952 festgehalten, wo im Freiland 18 mm, an der Meßstelle Fi jedoch 157 mm gemessen wurden. Derartig hohe Ablagerungen aus Nebelluft beschränken sich allerdings auf einen relativ schmalen Streifen am Bestandsrand. Aber auch in luvseitigen Hanglagen mit einem gestaffelten Aufbau des Bestandes können beträchtliche Mengen ablagern. Die Höhe des Nebelzuschlags variiert mit Exposition, Höhenlage und Kontinentalität des Standorts viel stärker als der Anteil des durchfallenden Niederschlags. Er wird bei den meisten einschlägigen Untersuchungen viel zu wenig als Zusatzkomponente des dem Waldboden zufallenden Niederschlags gesondert betrachtet und in Rechnung gestellt.

Mit 61 % des ...
ständen aufgef ...
Nordwestde ...
en (1951 bis ...
%, im Wint ...
für ein ei ...
ähriges Altho ...
Winter: 16 % ...
Hohenpeißenb ...
ese Werte d ...
für den H ...
an ebenfalls ...
ter Fichte ...
Nebel) auf 27 ...
ablagerungen i ...
Wieweit lc ...
nde, und w ...
zelten Wer ...
rden. Hier ...
shungsgebiet ...
shung des d ...
Abb. 4 dar ...
nordwestd ...
en Oberlan ...
ilaghäufigke ...
daß die Z ...
altenden Auf ...
ufiger, die ...
nnenscheind ...
 Prozent höher ...
in Süddeu ...
mindern di ...
Gleichsinni ...
hen, haben ...
OPPE (3) un ...
ßenberg un ...
Größenor ...
netzungswei ...
det sich noc ...
arten der Z ...
rderlich ist. ...
wichtiges ...
standes auß

werden Wald ...
gens durch ...
aufbau in ver

c. Vergleich mit anderen Orten

Mit 61 % des Freilandniederschlags liegt die auf dem Hohenpeißenberg in den Beständen aufgefangene Wassermenge wesentlich niedriger, als sie z. B. von EIDMANN (6) in Nordwestdeutschland gemessen wurde. Dort betrug die aus fünfjährigen Messungen (1951 bis 1955) in 30 Fichtenbeständen ermittelte Zurückhaltung im Sommer 31 %, im Winter 20 %. Etwas höher liegen die von DELFS (18) aus dem Harz – leider nur für ein einziges Wasserwirtschaftsjahr – mitgeteilten Werte von 32 % für 80-jähriges Altholz und 22 % für 60-jähriges Stangenholz (Sommer: 42 % bzw. 32 %; Winter: 16 % bzw. 11 %). Die entsprechenden Werte aus der 1000-m-Region des Hohenpeißenberges betragen 41 % (Sommer) und 36 % (Winter). In welchem Maße diese Werte durch Auffang von zusätzlichem Nebelniederschlag verändert wurden, ist für den Hohenpeißenberg bekannt. Für die Untersuchungen im Sauerland muß man ebenfalls einen solchen Einfluß voraussetzen. Beim Lahnhof stellte EIDMANN (6) unter Fichte eine Herabsetzung der Zurückhaltung von 39,9 % (an Tagen ohne Nebel) auf 27,4 % (an Nebeltagen) fest, ohne jedoch die Auswirkungen der Nebelablagerungen in seiner Bilanz zusammengefaßt zu haben.

Wieweit lokale Einflüsse, insbesondere Aufbau und Dichte der untersuchten Bestände, und welche meßmethodischen Besonderheiten diese Unterschiede in den ermittelten Werten der Zurückhaltung erklären können, kann hier nicht untersucht werden. Hier sollen nur die meteorologischen Verhältnisse in den genannten Untersuchungsgebieten verglichen werden. Unter Beachtung der Faktoren, die mit einer Erhöhung des durchfallenden Niederschlagsanteils gekoppelt sind und wie sie aus den in Abb. 4 dargestellten Beziehungen ersichtlich werden, ist im mehr maritimen Klima des nordwestdeutschen Raumes gegenüber dem mehr kontinentalen Klima des bayerischen Oberlandes bei kleineren Niederschlagsmengen im Sommerhalbjahr die Niederschlagshäufigkeit annähernd gleich, der einzelne Niederschlag also weniger ergiebig, so daß die Zurückhaltung eigentlich höher ausfallen müßte. Aber die länger anhaltenden Aufgleitregen mit ihrer viel intensiveren Benetzung der Kronen sind dort häufiger, die Nebelhäufigkeit trotz geringerer Seehöhe annähernd gleich groß, die Sonnenscheindauer um 15 bis 20 % geringer (14), die relative Feuchtigkeit um einige Prozent höher, windige Tage, besonders an den Mittelgebirgsrändern, viel häufiger als in Süddeutschland. Alle diese Faktoren wirken sich in gleicher Richtung aus: sie vermindern die Niederschlagszurückhaltung.

Gleichsinnige Unterschiede, wie sie zwischen Süd- und Nordwestdeutschland bestehen, haben auch GODSKE und SCHIEDRUP PAULSEN zwischen den Ergebnissen von HOPPE (3) und ihren eigenen festgestellt (4, dort S. 32). Die Werte vom Hohenpeißenberg und von Mariabrunn in mehr kontinentalem Klima gleichen sich, auch in der Größenordnung der Abhängigkeit von der Niederschlagshöhe und im Kronenbenetzungswert. Der im Sauerland schon dominierende Einfluß maritimen Klimas findet sich noch gesteigert in Os, an der Küste des Nordmeeres, mit noch niedrigeren Werten der Zurückhaltung und des Schwellenwertes, der zur Kronenbenetzung erforderlich ist. Auch bei diesen beiden Standorten bildet der Wetter- und Klimafaktor ein wichtiges Argument zur Erklärung der Differenzen, ohne daß Unterschiede des Bestandes außer acht zu lassen wären.

9. Folgerungen

Für den Waldbau ist von grundlegender Bedeutung, daß der Wassergehalt des Waldbodens durch die Niederschlagszurückhaltung des Bestandes – je nach Art, Alter und Aufbau in verschiedenem Maße – erheblich beeinflußt wird. Es liegen bisher noch zu

von Nebel-
ben.

die Sommer-
itt 6 mitge-
Tageswerten

Dr) und Zu-
Hohenpeißen-

Sommer
61
48
13
95
43
52

rschlag kann
stand, wo er
Möglichkeit
las Bestands-
on 61 % de
ablagerungen
. Im Jahres-
% im Spä-
tlich ändert
) wirken sich
lene Nieder-
zuschlag auf
die des Frei-
e noch über-
essen als im
, wie im Be-
vom 25. bis
lle Fi jedoch
beschränken
Aber auch in
nen beträch-
tion, Höhen-
archfallenden
iel zu wenig
gesondert be-

wenige Einzeluntersuchungen vor, um den zurückgehaltenen Niederschlagsanteil für alle Bestandsarten und Standorte gesichert abschätzen zu können. Noch weniger Einzeluntersuchungen lassen Aussagen über den Ausgleich dieses Verlustpostens durch zusätzliche Ablagerungen aus Nebelluft zu. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen differieren für vergleichbare Bestände um 20 bis 30 %. Die Größenordnung dieser Unterschiede läßt sich mit den klimatischen Verhältnissen der untersuchten Standorte erklären, ohne daß es heute schon möglich wäre, den einzelnen klimatischen Wirkungskomponenten das ihnen zukommende Gewicht beizumessen. Die Niederschlagszurückhaltung ist im Raume zwischen Nordsee und Alpen mit 20 bis 50 % des Freilandniederschlags anzusetzen. Wasserhaushaltsbetrachtungen, die sich der allgemein zugänglichen Angaben über die Niederschlagshöhe bedienen und die Niederschlagszurückhaltung nicht oder nicht angemessen in Rechnung stellen, gehen von unzutreffenden Voraussetzungen aus.

Es bedarf noch zahlreicher Meßreihen aus den verschiedensten Klimabezirken, Höhenlagen und Bestandsarten, um unser Wissen um die Niederschlagszurückhaltung zu bestätigen und zu erweitern. Zur Beurteilung der Wasserversorgung für Wachstum und Verjüngung der Bestände, im Interesse einer höchsten Wirkungsgrade erzielenden Bewirtschaftung großer Waldgebiete sollte es zur Regel werden, allen amtlichen Niederschlagsstationen, die ausnahmslos im Freiland messen, von forstlicher Seite her nahegelegene Meßstellen innerhalb der für die Anbauggebiete typischen Bestände zuzuordnen. Messungen mit Einzelgefäßen, die täglich bedient werden müssen, sind zur Beantwortung spezieller Fragen, z. B. des Einflusses der Niederschlagshöhe auf die Zurückhaltung oder der Ermittlung des Kronenbenetzungswertes, unerläßlich, aber arbeitsmäßig aufwendiger und weniger repräsentativ als Sammelmessungen mit Wannen. Bei Verwendung mehrerer Meßbehälter läßt sich ein besserer Querschnitt durch die Bestandsverhältnisse gewinnen, aber auch die Verwendung nur eines Behälters, eines Gefäßes oder einer Wanne gibt schon einen brauchbaren Aufschluß über die Größenordnung der Abweichungen am Standort, die aus Niederschlagszurückhaltung und Nebelzuschlag für die Beurteilung der Niederschlagshöhen aus Freilandmessungen gültig sind.

Zusammenfassung

Die Niederschlagszurückhaltung in einem Waldbestand läßt sich durch Messungen des zum Waldboden durchfallenden Niederschlags erfassen, wenn, wie bei Fichtenbeständen, der Stammabfluß vernachlässigt werden kann. Der Einsatz von Meßwannen mit größerer Auffangfläche gleicht die Unterschiede im Kronenschluß besser aus als Einzelgefäße, auf deren Verwendung man bei gewissen Fragestellungen angewiesen bleibt. Für die Wannen werden praktische Hinweise zur Meßtechnik gegeben und die Wirkung des Spritzschutzes untersucht. Auch das Einzelgefäß vermittelt trotz größerer Streuung seiner Meßwerte brauchbaren Aufschluß über Größenordnung und Jahresgang der Zurückhaltung. Der Wasserhaushalt des Waldbodens wird erheblich durch zusätzliche Nebelablagerungen beeinflusst, für deren quantitative Erfassung ein Verfahren angegeben wird. Die Einflüsse meteorologischer und standortbedingter Faktoren auf die Niederschlagszurückhaltung werden besprochen. In zwei Fichtenbeständen am Nordhang des Hohenpeißenberges werden vom Freilandniederschlag jährlich 39 % zurückgehalten. Im Sommerhalbjahr rühren 13 % des im Bestand aufgefangenen Wassers von Nebelablagerungen her. Dieser Anteil steigert sich unter einem Bestandsrand auf 52 % und erhöht die aufgefangene Menge auf 95 % des Freilandniederschlags. Mit größerer Nebelhäufigkeit wird in den Übergangsmonaten am Bestandsrand mehr Wasser aufgefangen als Niederschlag fiel. Die Unterschiede zu den aus Nordwestdeutschland vorliegenden Meßergebnissen werden auf die Auswirkung klimatischer Faktoren zurückgeführt.

J. GRUNOW,
Niederschlag. Forst-
haltung im V
1955. — 3.
Österreichs,
Investigations
Precipitation. Uni
— 5. HAMIL
California Fo
F. E.: Die In
gen im Roth
No. 48. Ass.
Buchen- und
Beratung. Fo
Forschung, Er
schaft und Fo
K.: Die Vern
von Chlorcalc
für alpine Me
Hydrometeorc
GRUNOW,
(1953). — 9. I
Wasserferner,
Berlin. Sitz.-B
Niederschlags.
(1956). — Ver
Publ. No. 44,
des Nebelniede
Publ. No. 65,
apture of fog
GRUNOW,
Gebirge. UGG
No. 53. Assoc.
ception) in ver
1-36. Koblenz
um 1949 bis 1

Literatur

1. GRUNOW, J.: Der Niederschlag im Bergwald, Niederschlagszurückhaltung und Nebelzu-
schlag. Forstwiss. Centralbl. **74**, 21-36 (1955). — 2. DELFS, J.: Die Niederschlagszurück-
haltung im Walde (Interception). Mitt. d. Arbeitskreises „Wald und Wasser“, Nr. 2, Koblenz
1955. — 3. HOPPE, E.: Regenmessungen unter Baumkronen. Mitt. Forstl. Versuchswesen
Österreichs, XXI. H., Wien 1896. — 4. GODSKE, C. L., and SCHIEDRUP PAULSEN, H.: In-
vestigations carried through at the station of forest meteorology at Os. II. The Forest Preci-
pitation. Universitetet; Bergen. Jb. 1949. Naturwissenschaftl. Reihe Nr. 8. Bergen 1950. 33 S.
— 5. HAMILTON, E. L., and ROWE, P. B.: Rainfall Interception by Chaparral in California.
California Forest and Range Experiment Station. U. S. Forest Service. 1949. — 6. EIDMANN,
F. E.: Die Interception in Buchen- und Fichtenbeständen; Ergebnis mehrjähriger Untersuchun-
gen im Rothaargebirge (Sauerland). Colloquium Hannoversch-Münden, Sept. 1959. Publ.
No. 48. Ass. Int. Hydrol. Sci., 5-25 (1960). Gentbrugge 1959. — Über den Wasserhaushalt von
Buchen- und Fichtenbeständen. Vortrag beim IUFRO-Kongreß 1961 in Wien. Forschung und
Beratung. Forstwirtschaft. Heft 5. Herausgegeben v. Landesauschuß für landwirtschaftliche
Forschung, Erziehung und Wirtschaftsberatung beim Ministerium für Ernährung, Landwirt-
schaft und Forsten des Landes Nordrhein-Westfalen. Düsseldorf 1963, S. 71-88. — 7. HEIGEL,
K.: Die Verminderung des Niederschlagsvolumens bei Monatstotalisatoren bei Verwendung
von Chlorcalciumlösung. Meteor. Rdsch. **12**, 162-163 (1959) und VI. Internationale Tagung
für alpine Meteorologie, Bled, Jugoslawien, 14.-16. Sept. 1960. Herausgegeben v. Federativen
Hydrometeorolog. Inst. d. Fed. Volksrepublik Jugoslawien. Belgrad 1962, S. 197-200. —
8. GRUNOW, J.: Kritische Nebelfroststudien. Arch. Met. Geophys. Bioklim. B **4**, 389-419
(1953). — 9. KORTÜM, FR.: Über den Einfluß der Bestockung auf den Wasserhaushalt grund-
wasserferner, diluvialer Sand- und Lehmstandorte, Dt. Akad. Landwirtschaftswissensch.
Berlin. Sitz.-Ber. **10**, H. 11, 1961. — 10. GRUNOW, J.: Bedeutung und Erfassung des Nebel-
niederschlags. UGGI. Ass. Int. Hydrol. Sci. Assemblée gén. de Rome 1954. T. I. 402-415
(1956). — Vergleichende Messungen des Nebelniederschlags. UGGI. Ass. Int. Hydrol. Sci.,
Publ. No. 44, Assemblée gén. de Toronto 1957, T. II, 485-501 (1958). — Weltweite Messungen
des Nebelniederschlags nach der Hohenpeißenberger Methode. UGGI. Ass. Int. Hydrol. Sci.,
Publ. No. 65, Assemblée gén. de Berkeley 1963. 324-342 (1964). — 11. OURA, H.: On the
capture of fog particles by a forest. In: T. Hori, Studies on fogs. Sapporo, Japan, 1953. —
12. GRUNOW, J.: Ergebnisse mehrjähriger Messungen von Niederschlägen am Hang und im
Gebirge. UGGI. Assoc. Int. Hydrol. Sci., Assemblée gén. Helsinki 1960. 300-316. Publ.
No. 53. Assoc. Int. Hydrol. Sci. (1961). — 13. DELFS, J.: Niederschlagszurückhaltung (Inter-
ception) in verschiedenen alten Fichtenbeständen. Mitt. Arbeitskreis „Wald und Wasser“, Nr. 1,
31-36. Koblenz 1954. — 14. BROSE, K.: Zehnjährige Mittelwerte der Sonnenscheindauer. Zeit-
raum 1949 bis 1958. Mitt. Dt. Wetterd. **4**, Nr. 23. Offenbach 1960.

agsanteil für
och weniger
ostens durch
ersuchungen
lnung dieser
en Standorte
tischen Wir-
iederschlags-
% des Frei-
er allgemein
iederschlags-
on unzutref-

mabezirken
rückhaltung
für Wachs-
igsgade er-
, allen amt-
1 forstlicher
ypischen Be-
den müssen
rschlagshöhe
unerlässlich
ssungen mit
Querschnitt
r eines Be-
1 Aufschluß
ederschlags-
gshöhen aus

Messungen
bei Fichten-
von Meß-
chluß besser
llungen an-
technik ge-
lgefäß ver-
chluß über
des Wald-
für deren
orologischer
werden be-
ges werden
jahr rühren
her. Dieser
aufgefängene
eit wird in
Niederschlag
ergebnissen

FORST- WISSENSCHAFTLICHES CENTRALBLATT

ZUGLEICH ZEITSCHRIFT FÜR DIE VERÖFFENTLICHUNGEN
DER FORSTLICHEN FORSCHUNGSANSTALT MÜNCHEN

Unter Mitwirkung von

*E. Aßmann, München / F. Backmund, München / H. Burger, Zürich
V. Dieterich, München / L. Fabricius, München / R. Geiger, München
A. Heger, Tharandt / B. Huber, München / H. Jahnel, Tharandt / J. N.
Köstler, München / G. Krauß, München / W. Laatsch, München / E. Roh-
meder, München / J. Speer, München / L. Tschermak, Wien / K. Van-
selow, München / W. Wittich, Göttingen / W. Zwölfer, München*

herausgegeben von

H. von Pechmann

84. JAHRGANG

Mit 127 Abbildungen



LIBRARY
FACULTY OF FORESTRY
UNIVERSITY OF TORONTO
JAN 31 1967

1965-66

VERLAG PAUL PAREY · HAMBURG

