



Berichte des Deutschen Wetterdienstes

77

**Das Klima des südlichen Schwarzwaldes
Einflüsse der Änderung des natürlichen Abflusses
auf das Klima**

von
M. Manig
H. Schirmer



Zitationsvorschlag:

Manig, M.; Schirmer, H.: Das Klima des südlichen Schwarzwaldes: Einflüsse der Änderung des natürlichen Abflusses auf das Klima. - Offenbach am Main: Selbstverlag des Deutschen Wetterdienstes, 1961
(Berichte des Deutschen Wetterdienstes ; 77)

ISSN der Onlineausgabe: 2194-5969

ISSN der Druckausgabe: 0072-4130

Nutzungsbedingungen

Dieses Dokument steht unter folgender Creative Commons-Lizenz



Sie dürfen das Werk bzw. den Inhalt unter folgenden Bedingungen vervielfältigen, verbreiten und öffentlich zugänglich machen: Sie müssen den Namen des Autors/Rechteinhabers in der von ihm festgelegten Weise nennen. Dieses Werk bzw. dieser Inhalt darf nicht für kommerzielle Zwecke verwendet werden und es darf nicht bearbeitet, abgewandelt oder in anderer Weise verändert werden.

Mit der Verwendung dieses Dokumentes erkennen Sie die Nutzungsbedingungen an.

Herausgeber und Verlag: :

Deutscher Wetterdienst
Frankfurter Straße 135
D- 63067 Offenbach am Main

Internet: www.dwd.de

Mail: bibliothek@dwd.de

Inhalt

	Seite
Zusammenfassung	4
Abstract	4
1. Einleitung	4
1.1. Übersicht über die bestehenden und die geplanten Kraft- werkanlagen	4
1.2. Zur Arbeit	5
1.3. Lage des Untersuchungsgebietes	6
2. Die Elemente des Klimas	6
2.1. Niederschlag	6
2.1.1. Monats- und Jahressummen	7
2.1.1.1. Mittelwerte des Zeitraumes 1891 — 1930	7
2.1.1.2. Häufigkeiten bestimmter Monatssummen	9
2.1.1.3. Extreme Niederschlagssummen	10
2.1.1.4. Mittlerer Jahresgang	11
2.1.1.5. Schwankungen des Niederschlags	12
2.1.1.5.1. Zeitlicher Verlauf der Monats- und Jahressummen	13
2.1.1.5.2. Zeitliche Änderungen des Jahresganges	14
2.1.1.5.3. Häufigkeit bestimmter Monatssummen in verschiedenen Zeiträumen	15
2.1.2. Niederschlagshäufigkeit	15
2.1.2.1. Mittelwerte des Zeitraumes 1911 — 1940	15
2.1.2.2. Häufigkeit bestimmter Niederschlagstage	16
2.1.2.3. Häufigkeit bestimmter Intervalle der Niederschlagstage ..	17
2.1.2.4. Schwankungen der Niederschlagshäufigkeit	18
2.1.3. Größte Tagessummen des Niederschlags	19
2.1.3.1. Mittelwerte	20
2.1.3.2. Extremwerte	20
2.1.4. Trocken- und Naßperioden	20
2.1.5. Betrachtung einzelner Hochwasserlagen	22
2.1.6. Schnee	27
2.1.6.1. Tage mit Schneefall	27
2.1.6.2. Anteil der Schneemenge am Gesamtniederschlag	28
2.1.6.3. Mittlere und extreme Dauer von Schneedecken	28
2.1.6.4. Mittlere und extrem größte Schneehöhen	30
2.1.6.5. Schwankungen der Schneeverhältnisse	30
2.1.7. Gewitter	31
2.2. Lufttemperatur	31
2.2.1. Mittel- und Extremwerte	31
2.2.2. Schwellenwerte der Lufttemperatur	32
2.2.3. Zeitliche Änderungen der Monats- und Jahresmittel	33
2.3. Wind	33
2.3.1. Windrichtung	33
2.3.2. Windgeschwindigkeit	34
2.4. Bewölkung, Nebel, Luftfeuchtigkeit, Verdunstung	34
2.4.1. Bewölkung	34
2.4.2. Nebel	34
2.4.2.1. Nebel auf den Höhen	34
2.4.2.2. Nebel in den Tälern	34
2.4.2.3. Die Nebelverhältnisse von St. Blasien	35
2.4.3. Luftfeuchtigkeit	36
2.4.4. Verdunstung	37
2.5. Phänologie	38
3. Welche Änderungen des Klimas sind durch die bestehen- den Anlagen eingetreten bzw. durch die weiteren Pla- nungen zu erwarten?	38
3.1. Makroklima	38
3.2. Lokal- und Mikroklima	39
3.2.1. Staubecken	39
3.2.2. Einzugsgebiete oberhalb der Staubecken	40
3.2.3. Talstrecken unterhalb der Staubecken	40
4. Zusammenstellung der wichtigsten Ergebnisse	41
Literatur	42

Anhang

Zahlentafeln

- I Mittlere Monats- und Jahressummen des Niederschlags (mm), Zeitraum 1891 — 1930
- II Häufigkeitsverteilung (%) bestimmter Monatssummen des Niederschlags bei logarithmischer Merkmalskala
- III Größte und kleinste Monats- und Jahressummen des Niederschlags (mm)
- IV Größte und kleinste Niederschlagssummen für Jahr, Sommerhalbjahr (Mai bis Oktober) und Vegetationsperiode (Mai bis Juli) in % des Mittels 1891 — 1930
- V Mittlere Zahl der Tage mit Niederschlag von mindestens 1.0 mm, Zeitraum 1911 — 1940
- VI Mittlere Zahl der Tage mit Niederschlag von mindestens 2.5 mm, Zeitraum 1911 — 1940
- VII Mittlere Zahl der Tage mit Niederschlag von mindestens 10.0 mm, Zeitraum 1911 — 1940
- VIII Häufigkeit bestimmter Niederschlagstage (in % aller Fälle)
- IX Relative Häufigkeit der Niederschlagstage (in ‰ aller Tage) nach Intervallen der Summen geordnet
- X Mittlere größte Tagessummen des Niederschlags (mm), Zeitraum 1891 — 1940
- XI Größte Tagessummen des Niederschlags (mm)
- XII Zahl der Fälle von Trocken- (T) und Naßperioden (N) bestimmter Dauer
- XIII Monatliche und jährliche Zahl der Tage mit Schneedecke verschiedener Schneehöhen, Zeitraum 1936/37 — 1943/44, 1946/47 — 1952/53
- XIV Monats- und Jahresmittel der Lufttemperatur (°C), Zeitraum 1881 — 1940
- XV Höchste und tiefste Monats- und Jahresmittel der Lufttemperatur (°C)
- XVI Absolut höchste Maxima und tiefste Minima der Lufttemperatur (°C)

Bildtafeln

- I Lage der Stationen
- II Mittlere Niederschlagssummen (mm), Jahr, Zeitraum 1891—1930
- III Häufigkeitsverteilung (%) der Monats- und Jahressummen des Niederschlags bei logarithmischer Merkmalskala von Todtmoos und Bonndorf, Zeitraum 1891 — 1944
- IV a,b Niederschlags-Jahressummen (mm), 1921 (trocken), 1939 (naß)
- V a,b Niederschlagssummen (mm) Mai bis Juli, 1930 (naß), 1937 (trocken)
- VI Zeitlicher Verlauf der Monats- und Jahressummen des Niederschlags (in % des Mittels 1891 — 1930)
- VII Mittlere Zahl der Tage mit Niederschlag von mindestens 10.0 mm, Jahr, Zeitraum 1911 — 1940
- VIII Mittlere Zahl der Tage mit Schneedecke von mindestens 0 cm Höhe, Zeitraum 1936/37 — 1943/44
- IX Mittlere größte Schneehöhe (cm), Zeitraum 1936 — 1944

Anschrift der Verfasser:

Dr. M. Manig

Dipl.-Met. H. Schirmer

Offenbach a. M., Frankfurter Straße 135,

Deutscher Wetterdienst, Zentralamt, Abt. Klimatologie

Zusammenfassung

Für den südlichen Schwarzwald war zu untersuchen, ob und in welchem Ausmaß Änderungen des Klimas durch die bestehenden Anlagen des Schluchseewerkes verursacht wurden und welche Änderungen durch verschiedene Erweiterungen und Neuanlagen zu erwarten sind.

Nach einer eingehenden Analyse des Klimas und seiner Änderungen im Verlauf verschiedener Beobachtungsperioden wird für das Untersuchungsgebiet festgestellt, daß die eingetretenen minimalen Veränderungen sich nicht auf den Südschwarzwald beschränken, sondern großräumiger Natur sind. Die bestehenden und geplanten Anlagen, z. B. die Stauseen, vermögen klimatisch nur die allernächste Umgebung geringfügig zu beeinflussen.

Zahlreiche Tabellen und Abbildungen vervollständigen die Untersuchung.

Abstract

The paper deals with the problem whether and to which extent the climate of the southern part of the Black Forest has been modified by the water-power plant Schluchsee. Furthermore it has been examined which changes are to be expected from enlarging the existing and establishing new installations.

Having analysed the climate and the climatic changes during several observational periods, it is found out that the occurred insignificant changes did not only affect the southern Black Forest, but that they own a large scale character. The existing and planned plants, e. g. the reservoirs, may only unimportantly influence the climate of the nearest surroundings.

The paper is rounded off by a large number of tables and figures.

1. Einleitung

1.1. Übersicht über die bestehenden und die geplanten Kraftwerkanlagen

Neben den landschaftlichen Schönheiten des südlichen Schwarzwaldes bilden der künstlich vergrößerte Schluchsee und die damit zusammenhängenden Anlagen des Schluchsee-Kraftwerkes besondere Anziehungspunkte.

Diese Kraftwerkanlagen nutzen den natürlichen Zufluß durch die Schwarzwaldtäler zur Erzeugung von Energie aus, vor allem dienen sie aber dazu, den Spitzenstrom zu decken, der von den Laufkraftwerken (Wasser oder Wärme) zu Zeiten starken Bedarfs nicht zusätzlich erzeugt werden kann. Vom Schluchsee (930 m NN) wird das Wasser über Rohrleitungen durch die Turbinensätze der drei Kraftwerke Häusern (723 m NN) und Witznau (474 m NN) im Schwarztal und Waldshut (310 m NN) zum Rhein hinunter geleitet; während der Nacht wird der Überschußstrom der Laufkraftwerke dazu verwendet, Wasser aus dem Rhein wieder in den Schluchsee zurückzupumpen. Da der Strombedarf im Winter größer ist als im Sommer, dient der Schluchsee zugleich als Winterbecken, d. h. die Sommerspeicherung wird im Laufe des Winters zusätzlich zur täglich hinaufgepumpten Wassermenge verbraucht. Der Tiefstand tritt im Frühjahr, der Höchststand ab Juli ein. Neben dem Schluchsee mit einem Inhalt von 108 Mio cbm sind im Alb tal unterhalb von St. Blasien und im Mettmatal künstliche Stauseen (2,2 und 1,7 Mio cbm) angelegt, die den natürlichen Zufluß sammeln, aber auch vom Rhein hochgepumptes Wasser aufnehmen

können. Während die Schwarza unmittelbar unterhalb der Staumauern des Schluchsees und der Ausgleichsbecken an den beiden Kraftwerken kein Wasser führt, verbleibt der Alb unterhalb des Albbeckens eine festgelegte Mindestwassermenge.

Da der Strombedarf in den letzten Jahrzehnten sehr angestiegen ist, ergibt sich die Notwendigkeit, u. a. auch die zum Rhein führenden Gewässer des Südschwarzwaldes in noch stärkerem Maße für die Gewinnung von Elektrizität zu nutzen. Hierfür liegen die folgenden Pläne vor:

1. Zur Erweiterung des Schluchseewerkes ist beabsichtigt, die in der Wutach abfließenden Wassermengen teilweise nutzbar zu machen. Die Wutach soll dafür am Zusammenfluß von Gutach und Haslach durch eine 62 m hohe Staumauer aufgestaut werden. Der See (18 Mio cbm) wird sich im Gutachtal aufwärts bis fast nach Neustadt, im Haslachtal bis unterhalb Lenzkirch ausdehnen. Im Wutachtal ist die Anlage eines Kraftwerkes nicht vorgesehen, da das Wasser unterirdisch zu den Kraftwerken Witznau und Waldshut geleitet werden soll. Es wird aber nicht der gesamte Zufluß für die Energiegewinnung verwendet, ein Teil verbleibt der Wutach; sie soll unterhalb der Staumauer im Sommerhalbjahr 2,2 cbm/sec statt wie bisher im langjährigen Durchschnitt 3,5 cbm/sec Wasser führen. Im Winter, wenn die Vegetation nicht so viel Wasser braucht, wird die Mindestwasserabgabe des Staubeckens verringert: im April und im Oktober auf 500 l/sec, von November bis März auf 300 l/sec.

2. Das große Gefälle zwischen den Höhen des Südschwarzwaldes und dem Rheintal soll durch eine zwei-

te Kraftwerkanlage, das Hotzenwaldwerk, ausgenutzt werden. Auch dieses Werk ist als Pumpspeicherwerk mit natürlichem Zufluß geplant.

Der dem Schluchsee entsprechende Hochspeicher (930 m NN) wird im oberen Schwarzenbächletal unterhalb von Lindau angelegt. Dieser Stausee (60 Mio cbm) ist wie der Schluchsee als Winterbecken vorgesehen. Er erhält nur geringen natürlichen Zufluß und wird im wesentlichen durch hochgepumptes Rheinwasser gefüllt. An das Bachbett unterhalb der Sperrmauer werden im Sommerhalbjahr 25 l/sec abgegeben.

Aus dem Hochspeicher Lindau fließt das Wasser auf die Turbinen im unterirdischen Kraftwerk Hierholz, dessen Ausgleichsbecken (719 m NN) im Ibachtal angelegt wird. Dieses Becken (1,4 Mio cbm) weist als Tagesbecken abends den Höchststand und morgens den Tiefstand auf. An den Ibach werden aus dem Becken im Winter 50 l/sec, im Sommer 150 l/sec abgegeben.

Vom Ibachbecken führt ein Stollen zum Seelbachbecken (716 m NN) unterhalb von Rickenbach. Es handelt sich hier ebenfalls um ein Tagesbecken (3 Mio cbm), in dem aber der Höchststand am Morgen und der Tiefstand am Abend eintritt. Das Bachbett unterhalb der Sperrmauer erhält kein Wasser, da nach 200 m Entfernung durch den Stammbach wieder Wasser zugeführt wird.

In den Stollen zwischen Ibach- und Seelbachbecken fließt auch ein Teil des Murgwassers, das in einer projektierten Fassung oberhalb des Pegels Hottingen abgenommen werden soll. Für das Hännerer Wuhr, eine der jahrhundertalten Bewässerungsanlagen im Hotzenwald, das am Pegel Hottingen abzweigt, bleiben jedoch die Wassermengen unverändert; es erhält weiterhin 21/60 der bisherigen Wasserführung der Murg, maximal 200 l/sec. Auch das Hochsahler Wuhr und das Heidenwuhr bleiben von den Anlagen des Hotzenwaldwerkes unberührt.

Vom Seelbachbecken führt ein Stollen zum unterirdischen Kraftwerk Säckingen (298 m NN) und weiter in den Rhein. Der Rhein bildet zugleich einen Tagespeicher von 1 Mio cbm im Staubereich des künftigen Rheinkraftwerkes Säckingen.

3. Eine weitere Kraftwerkanlage, ein Pumpspeicherwerk ohne wesentlichen natürlichen Zufluß, ist im westlichen Hotzenwald geplant. Vom Hochspeicher auf dem Hornberg (929 m NN) wird das Wasser durch ein Kraftwerk zum Ausgleichsbecken (410 m NN), Gaismatbecken genannt, am unteren Ende der Wehrschlucht geleitet. Der Wasserspiegel dieses Stausees erreicht abends seinen höchsten und morgens seinen tiefsten Stand.

Diese Planungen über die Erweiterungen der Anlagen für die Energiegewinnung riefen in der Öffentlichkeit lebhaftere Diskussionen hervor. Gefahren einer kommenden Versteppung des Südschwarzwaldes werden als Folge der Wasserentnahme aus den Bächen und Flüssen gesehen, verstärkte Nebelbildung im Schwarzwald durch die Anlage der Stauseen befürchtet. Besonders gefährdet erschien das Naturschutzgebiet der Wutach-Schlucht, aber auch der Bestand der Bewässerungsanlagen im Hotzenwald sollte bedroht sein (4, 5, 6, 14, 61, 62, 63, 66). Bei den Diskussionen über die Projekte werden die klimatischen Verhältnisse besonders betont und dabei die angeblich eingetretenen oder die noch zu erwartenden Klimaänderungen im südlichen Schwarzwald hervorgehoben.

Nun unterliegt die Errichtung von Kraftwerken der behördlichen Genehmigung, so daß für den Antrag u. a. zur Auflage gemacht wurde, amtliche Gutachten des Deutschen Wetterdienstes über die klimatischen Auswirkungen der Gutach/Haslach-Beileitung und des Hotzenwaldwerkes einzuholen.

Mit freundlicher Erlaubnis der Schluchseewerk AG kann im folgenden eine Zusammenfassung beider Klima-Gutachten veröffentlicht werden, um zu zeigen, wie versucht wurde, der besonderen Fragestellung mit Hilfe der vorliegenden Beobachtungsergebnisse der Niederschlags- und Klimastationen sowie auf Grund vergleichender Betrachtungen mit ähnlichen Untersuchungen gerecht zu werden. Auf mehrere Abbildungen der Gutachten konnte verzichtet werden, da sie — wenn auch im kleineren Maßstab — im Klima-Atlas von Baden-Württemberg (33) enthalten sind. Dagegen wurde der Tabellenteil ungekürzt übernommen, um auch für Untersuchungen anderer Autoren zur Verfügung zu stehen.

Die Bearbeitung der Klima-Gutachten wurde auf Wunsch des Wetteramtes Freiburg i. Br. vom Zentralamt übernommen, jedoch in enger Fühlungnahme mit den Kollegen des Wetteramtes durchgeführt. Für manche Hinweise und Anregungen, vor allem anlässlich der gemeinsamen Besichtigungen des gesamten Gebietes, sei besonders den Herren Dr. Schaller und Dr. von Rudloff hiermit nochmals gedankt.

Die Aufbereitung und Zusammenstellung des umfangreichen Beobachtungsmaterials wurden von Fräulein Budig und den Herren O. Grom und H. Noll durchgeführt; auch ihnen gilt der Dank der Verfasser.

1.2. Zur Arbeit

Wenn man das Klima als den durchschnittlichen Ablauf der Witterungserscheinungen an einem Ort, in einer Landschaft oder in einem größeren geographischen Gebiet definiert, so setzt man voraus, daß einerseits größere Unterschiede in relativ kurzen Zeiten auftreten können, andererseits aber im Mittel über mehrere Jahre diese Unterschiede überdeckt werden von einem Verlauf, der für den Ort oder die Landschaft typisch ist. Verschieben sich innerhalb längerer Zeiträume auch diese charakteristischen Züge des durchschnittlichen Verlaufs, dann und erst dann spricht man von einer Klimaschwankung.

Dieses Makroklima ist der Beeinflussung durch den Menschen weitgehend entzogen; der Standortfaktor „Klima“ bildet daher eine Gegebenheit, auf die der Mensch Rücksicht zu nehmen hat, wenn er gezwungen ist, den verfügbaren Lebensraum immer intensiver zu bewirtschaften.

Innerhalb kleinerer Bereiche dagegen kann der Mensch mit „einschneidenden“ Maßnahmen das Lokalklima und das Klima der bodennahen Luftschicht, das Mikroklima, so weit „verbessern“ oder „verschlechtern“, daß z. B. die Landesplanung zu solchen Eingriffen Stellung nehmen muß.

Die Darstellung der klimatischen Verhältnisse als Beitrag zu den Planungsunterlagen von größeren technischen Anlagen dient daher einem doppelten Zweck. Einerseits gibt sie Hinweise, inwieweit solche Anlagen nach den natürlichen Gegebenheiten ausgerichtet werden können, um optimale Leistungen zu erzielen, wie es zum Beispiel bei der Planung von Beregnungsanlagen der Fall ist. Andererseits erleichtert sie die Prüfung der Frage, ob und in welchem Umfang geplante technische Bauten, die in das Landschaftsgefüge eingreifen, selbst klimatische Änderungen hervorrufen werden, gegen welche dann, soweit erforderlich, rechtzeitig Vorkehrungen zu treffen sind. Diese Vorsicht ist auf Grund der zahlreichen Fälle, in denen Änderungen der natürlichen Struktur eines Raumes zu schwerwiegenden, teilweise nur mühsam oder kaum wieder zu beseitigenden Schäden (z. B. Erosion, Grundwasserabsenkung) geführt haben, in Anbetracht der hohen Bevölkerungsdichte heute besonders geboten.

1.3. Lage des Untersuchungsgebietes

Der Bereich des Schluchseewerkes und der geplanten Anlagen umfaßt die Flußgebiete von Wutach, Alb, Wehra und Murg (Bildtafel I). Die Quellbäche von Wutach und Alb entspringen am Feldberg-Massiv, am zentralen Punkt des Südschwarzwaldes, von dem strahlenförmig Höhenrücken und Täler ausgehen. Nach Westen führen die meist 1200 m NN erreichenden Rücken hinüber zu dem Höhenzug vom Schauinsland zum Blauen, der steil zur Oberrheinebene abfällt. Nach Süden zieht vom Feldberg eine Gipfelreihe bis zu den Bergen um Todtmoos, die noch 1000 m NN übersteigen. Die nach Südosten gerichteten Höhenzüge umrahmen den Schluchsee. Weiter nach Süden und Südosten gehen die Bergrücken in sanft gewellte Hochflächen über, die sich von etwa 1000 m auf 600 m NN zum Rhein- und Donau-Tal hin senken.

Die Täler, die vom Feldberg-Massiv und seinen Ausläufern nach allen Seiten herabführen, zeigen recht unterschiedliche Formen. Die nach Südwesten und Nordwesten gerichteten Täler sind von ihrem Oberlauf an tief eingeschnitten, die Talböden nur schmal ausgebildet. Auch das Tal der Wehra, die bei Todtmoos entspringt, gehört dieser Gruppe von Tälern an. Die nach Süden und Osten gerichteten Täler dagegen (Murg mit Seelbach, Ibach, Schwarzenbach, Alb, Schwarza, Mettma, Schlücht, Steina, Haslach und Gutach) haben im Oberlauf breite Talmulden, die von mäßig steilen Hängen eingefast sind. Diese breiten Formen verengen sich in allen Tälern zu verkehrs- und siedlungsfeindlichen Schluchten, die sich tief in die Hochflächen des Hotzenwaldes und des Wutachgebietes einschneiden. Da der Hotzenwald steil zum Hochrheintal abfällt, hören dort die Schluchten unvermittelt auf. Murg und Alb erreichen nach kurzem Lauf über ihre Schuttkegel den Rhein. Die Schlucht der Wehra endet oberhalb Wehr; in einem breiten Tal zwischen dem Steilabfall der Hotzenwaldhochfläche und dem Hügelland des Dinkelberges fließt sie zum Rhein. Schlücht- und Steina-Tal verbreiten sich vor ihrer Mündung in das unterste Wutachtal trichterförmig. Die nach Osten entwässernden Haslach und Gutach vereinigen sich am Ende der Talmuldenstrecke und durchfließen als Wutach eine eindrucksvolle Schlucht bis Ewattingen. Unterhalb Achdorf durchbricht die Wutach, sich nach Südsüdwesten wendend, die Hochfläche bei Blumegg und fließt von Grimelshofen an auf einen etwa 500 m breiten Talboden, der von steilen Hängen begrenzt wird. Bei Oberlauchringen wendet sich die Wutach nach Westen und nimmt kurz vor der Mündung in den Rhein die von Norden kommenden Steina und Schlücht auf.

Die Bergrücken, die vom Feldberg-Massiv ausgehen, sind im wesentlichen bewaldet, nur die höchsten Kuppen und Flächen tragen Matten. Die Talmulden werden vorwiegend als Wiesen genutzt. Auf den sanft gewellten Hochflächen ist der Wald vielfach zugunsten des Ackerbaus verdrängt und bleibt auf die steilen Hänge der Täler beschränkt.

Obwohl der eigentliche Untersuchungsraum nur die Niederschlagsgebiete von Wutach, Alb, Wehra und Murg umfaßt, muß die Klimadarstellung dieses Schwarzwaldabschnittes häufig auch auf die Verhältnisse der angrenzenden Gebiete eingehen.

2. Die Elemente des Klimas

Der Zweck des Gutachtens würde eigentlich verlangen, die möglicherweise zu erwartenden Änderungen des Klimas im Bereich der geplanten Anlagen in den Vordergrund zu stellen. Solche Änderungen dürfen aber nicht mit einem festen Maßstab gemessen, sie müssen relativ zu den allgemeinen Verhältnissen betrachtet

werden. So haben zum Beispiel gleiche Änderungen der Niederschlagssummen in „nassen“ Gebieten viel weniger Einfluß auf die Vegetation als in Trockengebieten, in denen schon ein geringer Rückgang des atmosphärischen Niederschlags die Lebensmöglichkeit bestimmter Pflanzen wesentlich einschränken kann.

Es ist deshalb erforderlich, die Klimasituation vor der Betrachtung ihrer Änderung eingehend zu analysieren.

Bei einer „klimatischen Bestandsaufnahme“ werden im allgemeinen zunächst die Luftströmungen betrachtet, weil sie die Luftmassen heranzuführen, die Wetter und Witterung gestalten und somit auch für deren durchschnittlichen Ablauf, das Klima, bestimmend sind. Bei der Anlage von Staubecken liegt aber der Schwerpunkt der Betrachtungen auf den hydrologischen Gegebenheiten. Daher wird — abweichend von der sonst meist verwendeten Reihenfolge — mit der ausführlicheren Darstellung der Niederschlagsverhältnisse begonnen.

2.1. Niederschlag

Die Niederschlagsverteilung ist eine Funktion verschiedener Faktoren. Außer von der Lage zu den Aktionszentren und Strömungssystemen der Atmosphäre besteht eine ausgeprägte Abhängigkeit von der Seehöhe, wobei im allgemeinen die Niederschlagssummen mit der Höhe zunehmen. Die regenbringenden, in Deutschland meist aus westlichen Richtungen kommenden Luftmassen stauen sich an den Höhenzügen und werden zum Aufsteigen gezwungen. Die dabei auftretenden physikalischen Vorgänge können den Ausfall von Niederschlag bewirken, wobei die Intensität von der in der Luftmasse vorhandenen Feuchtigkeit und der Höhe des Gebirges abhängt. Aber nicht nur die Höhe des Hindernisses ist dabei wesentlich, sondern auch dessen Form und Lage zu den vorherrschenden Strömungen. Nach dem Überschreiten des Gebirges steigen die Luftmassen wieder ab, wobei ein Rückgang des Niederschlags, eine Abnahme der Bewölkung und eine Erwärmung der Luft erfolgt. Aus diesen Gründen weisen die Abhänge im Luv der Gebirge größere Niederschlagssummen auf als die im Lee. Die Stauwirkung der Höhen macht sich auf den Verteilungskarten des Niederschlags durch eine Vorwölbung der Linien gleichen Niederschlags (Isohyeten) in das Vorland hinein bemerkbar (s. Bildtafel II).

Für die Niederschlagshöhe ist ferner entscheidend, welche Hindernisse die Luftmasse bereits auf ihrem Weg vom Ozean überqueren und welchen Teil ihrer Feuchtigkeit sie dabei abgeben mußte.

Nach diesen allgemeinen Gegebenheiten sind für das Untersuchungsgebiet vorwiegend die aus Südwesten kommenden Luftmassen besonders niederschlagsreich, da sie einmal große Feuchtigkeit mit sich führen und dann fast ungehindert durch die Burgundische Pforte den südlichen Schwarzwald erreichen können, wo sie besonders in den nach Südwesten geöffneten Tälern zu starken Stauniederschlägen Anlaß geben.

Bei Westwinden liegt der südliche Schwarzwald im Lee der Vogesen, so daß die Stauwirkungen nicht so ausgeprägt sind. Es kommen dann vornehmlich die höheren Lagen des Feldberggebietes unter Staueinfluß. Dies trifft ferner bei Strömungen aus Nordwesten zu.

Die zu den einzelnen Zonen größerer Niederschlagssummen gehörenden Leegebiete schmiegen sich auf der entgegengesetzten Seite dem Gebirge an, sind aber bereits in den höheren Lagen auf der Ostabdachung des Schwarzwaldes festzustellen. Das Zentrum des relativen „Trockengebietes“ verlagert sich dabei natürlich entsprechend der jeweiligen Strömungsrichtung. Die geringsten Summen treten daher im südöstlichen Teil des

Schwarzwaldes auf; die Kernzone des Leegebietes liegt im Raum Donaueschingen.

Die Messung des Niederschlags geschieht im allgemeinen einmal täglich um 7 Uhr mittlerer Ortszeit in einer Höhe von 1 m über dem Erdboden mit einem einheitlichen Meßgerät von 200 cm² Auffangfläche. Lediglich in den höheren Lagen der Gebirge wird wegen der größeren Niederschlagsintensität ein größeres Gerät mit 500 cm² Auffangfläche verwendet. Der Regenschirm soll nach internationaler Vereinbarung so aufgestellt sein, daß die Werte für einen größeren Bereich repräsentativ sind und möglichst keine lokalen Verfälschungen enthalten. Die Werte des Niederschlags werden in Millimetern angegeben, wobei 1 mm Niederschlagshöhe der Wassermenge von einem Liter pro Quadratmeter entspricht.

2.1.1. Monats- und Jahressummen

Bei der Betrachtung der Mittelwerte und Häufigkeiten von Niederschlagssummen werden langjährige Beobachtungen benötigt. Da diese nur von wenigen Orten aus dem Untersuchungsgebiet bzw. seiner engeren Umgebung vorhanden sind, wurden die Ergebnisse von Orten mit kürzeren Beobachtungsreihen auf die längere Periode reduziert. Die Reduktionen der Niederschlagssummen erfolgen nach der Quotientenmethode. Dieses Verfahren weist für die Berechnung der mittleren Jahressummen die größte Genauigkeit auf, da im Laufe eines Jahres die in den einzelnen Monaten auftretenden größeren örtlichen Unterschiede weitgehend ausgeglichen werden. Die Aufteilung des reduzierten Jahresmittels auf die einzelnen Monate geschieht nach geographischen Gesichtspunkten: Der mittlere Jahresgang des Niederschlags der Orte mit langjährigen Niederschlagsbeobachtungen zeigt eine räumliche Bindung, so daß Gebiete mit gleichem mittleren Jahresgang abgegrenzt werden können. Da zwischen den einzelnen Räumen ein stetiger Übergang in den Werten erfolgt, ist der Fehler, der bei der Zuordnung eines Ortes zu den festgelegten Typen auftreten kann, relativ gering und vor allem im Jahresgang gleichsinnig.

Neben den mittleren Niederschlagssummen und dem daraus resultierenden mittleren Jahresgang sind für die Betrachtungen noch die extremen Summen sowie die Häufigkeiten bestimmter Schwellenwerte des Niederschlags heranzuziehen, da z. B. der mittlere Wert nicht auch der häufigste Wert zu sein braucht. Diese Streuung der Werte ist ferner durch eine Darstellung der zeitlichen Änderungen zu ergänzen, wobei die Änderungen seit der Anlage der schon bestehenden Stauwerke gesondert (unter 3.) behandelt werden müssen.

2.1.1.1. Mittelwerte des Zeitraumes 1891—1930

Für die Darstellung der mittleren Niederschlagssummen wurde der Zeitraum 1891—1930 ausgewählt, da für diesen Zeitraum eine ausreichende Anzahl von Orten mit durchgehenden Beobachtungen oder mit reduzierten Mittelwerten vorlag. Diese Anzahl konnte noch durch die Reduktion von Niederschlagsmessungen der Jahre 1936 bis 1944 auf die Periode 1891—1930 für den südlichen Schwarzwald wesentlich erweitert werden. Einer Verlängerung des Zeitraumes bis 1950 für alle Orte standen infolge der kriegsbedingten Lücken in den Beobachtungen um 1945/46 größere Schwierigkeiten entgegen, da die Ergänzung der Lücken bei den wenigen durchgehenden Beobachtungen und den großen örtlichen Unterschieden in den Summen unsicher ist. Für eine Auswahl von Orten kann das räumliche Mittel der Niederschlagssummen aus den Jahren nach 1930 dem Abschnitt 2.1.1.5.1. entnommen werden.

Die Mittelwerte des Zeitraumes 1891—1930 sind in Zahlentafel I (s. Anhang) zusammengestellt. Infolge der Ordnung der Orte nach Kreisen geht die Aufstellung über den gewählten Kartenausschnitt hinaus. Bei dem größten Teil der Orte handelt es sich um reduzierte Werte, über deren Berechnung bereits unter 2.1.1. berichtet wurde. Die Lage der Stationen läßt Bildtafel I erkennen.

Da das Gutachten nicht nur Unterlagen für wasserbauliche Überlegungen liefern sollte, sondern auch die Niederschlagsspende für die landwirtschaftlichen Flächen behandeln muß, in deren Umgebung dem oberirdischen Abfluß durch die geplanten Stauanlagen ein Teil des Wassers entzogen werden soll, sind neben den monatlichen und jährlichen Niederschlagssummen auch die Summen der Hauptvegetationszeit erfaßt.

Die Fehler der Mittelwerte betragen bei den Jahressummen etwa 2 bis 5%, bei den Monatssummen etwa 5 bis 10%. Nach den Angaben von K. Knoch (35) erhöhen sich die Jahresmittel der Niederschlagssummen um etwa 10% infolge der abgesetzten Niederschläge, wie Tau, Nebel, Reif usw., vor allem in den höheren Lagen des Schwarzwaldes, der häufig von Wolken eingehüllt ist, die oft stark nassend wirken, ohne „Niederschlag“ im engeren Sinn auszuschneiden.

Auf die Wiedergabe der Karten der mittleren Niederschlagsverteilung in den einzelnen Monaten, in der Zeit von Mai bis Juli bzw. Mai bis Oktober wird verzichtet. Einen Überblick vermitteln die betr. Karten im „Klima-Atlas von Baden-Württemberg“ (33), auf den besonders verwiesen wird, sowie Zahlentafel I. Im folgenden sollen nur kurz die wichtigsten Merkmale der einzelnen Monate aufgeführt werden.

Im Januar prägen die niederschlagsreichen Westwetterlagen (27% aller Tage) das Verteilungsbild. Sie lassen die Unterschiede zwischen den niederschlagsreichen Höhen und den trockenen niederen Lagen deutlich hervortreten. Vergleichswerte aus Süddeutschland außerhalb des Untersuchungsgebietes:

- 1) Größte Summen: Nordschwarzwald, Bayerischer Wald, Allgäuer Alpen mehr als 180 mm.
- 2) Geringste Summen im südlichen Oberrheingraben: um Breisach weniger als 30 mm.

Der geringe Rückgang der Häufigkeit von Westwetterlagen und die um 10% geringere Monatslänge bewirken im allgemeinen im Februar ein Absinken der Niederschlagssummen, jedoch in örtlich unterschiedlichem Ausmaß. An einzelnen Orten wird dagegen ein leichter Anstieg festgestellt. Vergleichswerte:

- 1) Nordschwarzwald mehr als 160 mm.
- 2) Um Breisach weniger als 30 mm.

Zum März nehmen die Niederschläge wieder zu infolge der größeren Monatslänge und des leichten Anstiegs der Westwetterlagen (27%). Vergleichswerte:

- 1) Nordschwarzwald mehr als 180 mm, Allgäuer Alpen 160 bis 180 mm.
- 2) Um Breisach weniger als 40 mm.

Im April geht der Anteil der Westwetterlagen auf 22% zurück, ohne daß eine bestimmte Wetterlage einen entsprechenden Zuwachs erfährt. Die geringe Zunahme der Nordlagen deutet auf eine Verstärkung der Schauerwetterlagen (Aprilschauer), der auch eine allmähliche Drehung der mittleren Windrichtung auf Westen bis Nordwesten entspricht. Die Zunahme der Schaueraktivität wirkt sich besonders in den niederen Lagen aus. Vergleichswerte:

- 1) Alpen mehr als 200 mm, Nordschwarzwald mehr als 160 mm.
- 2) Um Breisach weniger als 50 mm.

Im Mai nehmen — von wenigen örtlichen Ausnahmen abgesehen — die Niederschlagssummen im Vergleich zum Vormonat zu, besonders in den niederen Lagen, verursacht u. a. durch das Einsetzen der Gewittertätigkeit. Am häufigsten treten im Mai Ost- und Nordostlagen auf (mit 21%), bei denen auf der Rückseite der von Nordost nach Südwest ziehenden Kaltlufttropfen oft ergiebige Niederschläge ausgelöst werden. Vergleichswerte:

- 1) Alpen mehr als 250 mm.
- 2) Um Breisach weniger als 70 mm.

Während im Juni im allgemeinen die Niederschlagssummen im Vergleich zum Mai noch weiter ansteigen, erhalten der Hotzenwald und seine Umgebung im südlichen Schwarzwald weniger Niederschlag, weil sich dieses Gebiet bei den häufigen Nordlagen (22%) im Lee des Feldberg-Massivs und der nach Westen anschließenden Höhen bis zum Belchen befindet. Westwetterlagen herrschen durchschnittlich an 24% aller Tage. Für die Überregnung der niederen Lagen sorgen vor allem die gewittrigen Störungen, die im Juni das Maximum ihrer Häufigkeit erreichen, so daß sich die Unterschiede zwischen Tälern und Höhen stark verflachen. Vergleichswerte:

- 1) Alpen mehr als 300 mm.
- 2) Um Breisach weniger als 80 mm.

Auch im Juli gleichen die gewittrigen Schauer die Unterschiede zwischen Höhen und Tälern aus. Am häufigsten sind Westwetterlagen (31%) zu erwarten. Relativ häufig (18%) stellen sich Nordwestlagen ein; sie bewirken oft einen verregneten, kühlen Sommer. Vergleichswerte:

- 1) Alpen mehr als 300 mm.
- 2) Um Breisach weniger als 80 mm.

Im August erscheinen Westwetterlagen mit 38% am häufigsten im Jahresverlauf. Infolge des weiteren Rückgangs der Gewittertätigkeit sinken die Niederschlagssummen im Vergleich zum Vormonat ab. Vergleichswerte:

- 1) Alpen mehr als 300 mm, Nordschwarzwald mehr als 180 mm.
- 2) Um Breisach weniger als 70 mm.

Am häufigsten treten im September Westwetterlagen und Hochdrucklagen mit je 25% auf, wobei die Hochdrucklagen das Maximum im Jahresgang erreichen. Sie deuten auf die frühherbstlichen Schönwetterlagen hin, die dann zum Monatsende in den „Altweibersommer“ übergehen. Vergleichswerte:

- 1) Alpen mehr als 250 mm, Nordschwarzwald mehr als 180 mm.
- 2) Um Breisach weniger als 60 mm.

Im Oktober wirken sich die herbstlichen Westwetterlagen (28%) besonders in den höheren Lagen des Schwarzwaldes aus, so daß dort die Monatssummen zunehmen, während die niederen Lagen und die auch unter Lee-Einfluß stehende Ostabdachung des südlichen Schwarzwaldes geringere Werte haben. Vergleichswerte:

- 1) Nordschwarzwald, Alpen 160 bis 180 mm.
- 2) Um Breisach weniger als 60 mm.

Im November erfährt die Häufigkeit der Westwetterlagen und Hochdrucklagen gegenüber dem Vormonat keine Änderung. Die sonst relativ selten auftretenden Südwest-, Süd- und Südostlagen verzeichnen mit 10 bzw. 12% das Maximum im Jahresverlauf. Die An-

derung der Monatssummen geschieht im südlichen Schwarzwald unterschiedlich. Vergleichswerte:

- 1) Nordschwarzwald mehr als 180 mm.
- 2) Um Breisach weniger als 50 mm.

Im Dezember dominieren die Westwetterlagen mit 33% gegenüber den Hochdrucklagen mit 20%. Bekannt ist das „Weihnachtstauwetter“, das zusammen mit Regenfällen Ende Dezember sehr häufig die schon bestehende Schneedecke weitgehend abräumt. Bei den vorherrschenden südwestlichen Winden stauen sich die feuchten Luftmassen besonders in den nach Südwesten geöffneten Tälern des südlichen Schwarzwaldes. Vergleichswerte:

- 1) Alpen 180 bis 200 mm.
- 2) Um Breisach weniger als 40 mm.

In den Jahressummen des Niederschlags (Bildtafel II) gleichen sich die in den einzelnen Monaten auftretenden Besonderheiten aus, während wiederkehrende Effekte deutlicher in Erscheinung treten. Der Niederschlagsreichtum des südlichen Schwarzwaldes ergibt sich aus dem Vorherrschen der Westwetterlagen (27%), denen mit Abstand die anderen Wetterlagen folgen: Hochdrucklagen (17%), Nordlagen (13%), Ost- und Nordostlagen (12%). Die größten Niederschlagssummen des südlichen Schwarzwaldes (mehr als 2000 mm) fallen am Feldberg-Massiv und auf den Höhen um Todtmoos. Der Niederschlagsreichtum der Höhen um Todtmoos ist auf die Stauwirkungen bei Strömungen aus Südwesten und Westsüdwesten zurückzuführen. Die nach Südwesten offenen und sich im oberen Teile verengenden Täler spielen bei der Verstärkung der Wirkung — ähnlich wie z. B. das Siebertal im Harz — eine wesentliche Rolle.

Die einzelnen Höhenzüge im Kartenausschnitt heben sich durch größere Niederschlagswerte deutlich von der Umgebung ab. Entsprechend der nordsüdlichen Erstreckung des Schwarzwaldes verlaufen die Isohyeten auf der Ostabdachung im Lee großräumig gesehen meist in dieser Richtung, folgen aber dabei den örtlichen Besonderheiten wie z. B. im Gutach- und Haslachtal.

Die relativ geringen Niederschlagssummen des mittleren Wutachtales (800 bis 850 mm) hängen mit dem eigentlichen Trockengebiet des südlichen Schwarzwaldes zusammen, das mit Werten von weniger als 750 mm — wie unter 2.1 erwähnt — um Donaueschingen liegt. Die Werte des mittleren Wutachtales sind zwar die geringsten im künftigen Bereich des Schluchseewerkes, sie können aber innerhalb Deutschlands noch als leicht übernormal bezeichnet werden. Zum Vergleich sei angeführt, daß der Zwischenfruchtbau bei Jahressummen von weniger als 700 mm riskant wird (H. Aichele, 1), während nach F. Zunker (85) bei Summen von weniger als 600 mm kein Niederschlag für die Aufspeicherung im Wald vorhanden ist.

Im Schwarzwald weisen die höchsten Erhebungen des Nord-, Mittel- und Südteils einheitlich Jahressummen von mehr als 2000 mm auf, werden aber von den Alpen mit mehr als 2500 mm infolge der starken Sommerniederschläge übertroffen.

Im südlichen Oberrheingebiet, das zum Teil vom Stau des Schwarzwaldes überdeckt wird, nehmen die Summen von weniger als 600 mm bei Breisach auf etwa 1000 mm am unmittelbaren Gebirgsrand zu, wobei die Isohyeten fast geradlinig nordsüdlich verlaufen. Der genaue Verlauf ist wieder den Karten im „Klima-Atlas von Baden-Württemberg“ (33) zu entnehmen. Die geringsten Werte des westlichen Deutschland verzeichnet die Pfälzer Rheinebene mit weniger als 500 mm.

Gebietsmittel: Für wasserwirtschaftliche Zwecke sind die mittleren Niederschlagssummen der einzelnen Orte allein nicht ausreichend. Da zur Berechnung des Wasser-

haushaltes Pegelmessungen, die ein bestimmtes Gebiet charakterisieren, herangezogen werden, sind die mittleren Niederschläge dieser Gebiete zu errechnen. Aus diesem Grunde erfolgte die Auswertung der monatlichen und jährlichen Niederschlagskarten nach der

Methode von W. Meinardus (44). Die nachfolgende Zusammenstellung enthält die mittleren monatlichen und jährlichen Gebietsniederschläge in mm (= Liter/qm) für die in den Bildtafeln auch besonders abgegrenzten Teilniederschlagsgebiete.

Tab. 1
Mittlere monatliche und jährliche Gebietsniederschläge (mm)
verschiedener Teilniederschlagsgebiete
Zeitraum: 1891—1930

- a) Schluchseewerk bestehend,
- b) Gutach/Haslach-Beileitung,
- c) mittlere Wutach (vom Schluchseewerk direkt unberührt),
- d) Murg/Ibach-Projekt,
- e) Wehra-Projekt.

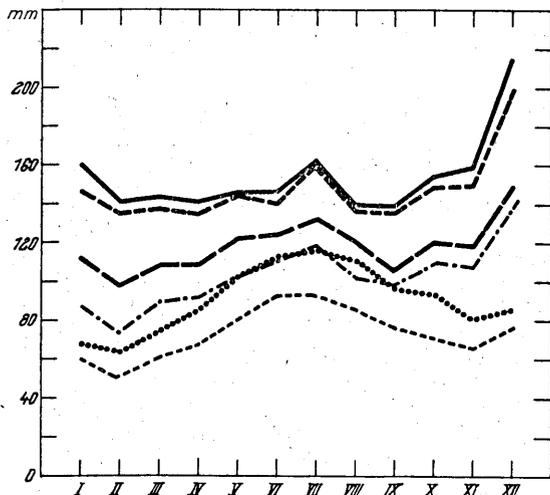
Teilniederschlagsgebiet	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Jahr
a)	113.2	98.1	107.5	109.3	122.4	125.2	133.4	120.7	115.7	119.7	117.6	147.9	1430.7
b)	87.5	72.6	89.1	90.9	103.4	110.8	119.1	103.1	98.8	110.8	108.8	139.2	1234.1
c)	61.0	50.5	60.5	67.7	80.7	93.0	94.3	87.4	77.1	72.0	65.6	77.2	887.0
d)	159.0	140.6	143.3	141.4	144.9	144.9	162.6	140.4	138.8	154.5	158.8	215.1	1847.3
e)	147.3	135.5	138.2	135.0	145.6	140.7	160.5	138.1	136.9	149.4	150.9	198.6	1776.8

Die größten Werte hat das Niederschlagsgebiet des Murg/Ibach-Projektes (d), von denen sich die der Wehra (e) aber nur geringfügig unterscheiden. Mit Abstand folgt dann das Gebiet der bestehenden Anlagen (a), von dem sich die Gutach/Haslach-Beileitung wiederum deutlich abhebt. Das Gebietsmittel des mittleren Wutachtales (c) weicht ungefähr um 1000 mm jährlich von dem des Murg/Ibach-Projektes ab.

Das Maximum der mittleren Monatssummen ist — abgesehen vom mittleren Wutachtal — eindeutig im Dezember zu finden (s. Abb. 1). In den Gebieten mit geringeren mittleren Jahressummen des Niederschlags

bzw. mit größerem Anteil von Lagen mit geringerer Seehöhe schwächt sich das Dezembermaximum zunehmend ab. Völlig anders liegen die Verhältnisse des mittleren Wutachtales (c). Es umfaßt das Niederschlagsgebiet zwischen dem geplanten Staubecken am Zusammenfluß von Haslach und Gutach und dem Pegel Oberlauchringen, und zwar etwas oberhalb davon, also ohne die aus dem Klettgau kommenden linksseitigen Zuflüsse. In diesem Gebiet, dem bei der Anlage der Gutach/Haslach-Beileitung ein Teil des oberirdisch abfließenden Wassers entzogen wird, tritt das Maximum im mittleren Jahresgang des Niederschlags im Sommer auf. Dies wirkt sich für die Vegetation recht günstig aus, da dadurch gerade im Sommerhalbjahr, in denen der Niederschlag von den Pflanzen benötigt wird, der größte Teil der Jahresmenge zur Verfügung steht. Demgegenüber ist das winterliche Maximum des Niederschlags in den Niederschlagsgebieten der Stauanlagen sehr günstig für die Speicherung.

In Abb. 1 sind noch die mittleren Monatssummen des Niederschlags von Säckingen eingetragen als Näherungswert für die unteren Lagen des Hotzenwaldes, denen vor allem durch das Murg/Ibach-Projekt ein Teil des oberirdisch abfließenden Wassers entzogen wird. Diese unteren Lagen erhalten mit durchschnittlichen Jahressummen des Niederschlags von etwa 1100 mm bemerkenswert hohe Werte, besonders im Vergleich zur Seehöhe. In diesen niederschlagsreichen Lagen dominieren — wie im mittleren Wutachtal — die sommerlichen Niederschläge im mittleren Jahresgang.



- Murg/Ibach-Projekt
- Wehra-Projekt
- Schluchseewerk bestehend
- Säckingen
- Gutach/Haslach-Beileitung
- Mittlere Wutach

Abb. 1

Mittlere Monatssummen des Niederschlags (mm) in den Einzugsgebieten. Zeitraum: 1891—1930

2.1.1.2. Häufigkeit bestimmter Monatssummen

Im allgemeinen bilden zwar die Mittelwerte des Niederschlags die Grundlagen der Betrachtungen, doch sind für eingehendere Überlegungen, besonders in hydrologischer Hinsicht, auch die Häufigkeiten heranzuziehen. Vor allem geben erst die Häufigkeiten ein anschauliches Bild über die im einzelnen angebotenen Wassermengen.

Die Festlegung von Grenzwerten der Monatssummen für die Unterscheidung nach trockenen und nassen Monaten in bezug auf den Wasserbedarf stößt aber auf Schwierigkeiten infolge des unterschiedlichen Wasser-

bedarfs der einzelnen Pflanzen. Nach G. Schönnopp (70) werden in Deutschland Monate mit Summen unter folgenden Grenzwerten als zu trocken bezeichnet: April und Oktober je 50 mm, Mai und September je 60 mm, Juni bis August je 70 mm. Andere Autoren lösen sich dagegen von diesen Festwerten, da das optimale Wasserbedürfnis der verschiedenen Pflanzen in den einzelnen Monaten sehr unterschiedlich ist.

Bei der Betrachtung der Häufigkeit von Monatssummen des Niederschlags fand eine logarithmische Merkmalskala Verwendung, da eine lineare Skala infolge der großen Streuung bei den niederschlagsreichen Schwarzwaldstationen die gesetzmäßige Verteilung der Werte nicht erkennen und die Zufälligkeit von Einzelwerten zu sehr hervortreten läßt.

Die Zahlentafel II (s. Anhang) enthält die Häufigkeitsverteilung bestimmter Monatssummen bei logarithmischer Merkmalskala für Bernau (1891 bis 1944), Bonndorf (1891 bis 1945), Titisee (1891 bis 1942) und Todtmoos (1891 bis 1944), während Bildtafel III die Häufigkeitsverteilung der Monats- und Jahressummen von Todtmoos und Bonndorf, den beiden unterschiedlichsten Stationen, zeigt. Das Intervall, in dem die mittlere Monatssumme liegt, ist besonders gekennzeichnet, so daß überblickt werden kann, in welchen Monaten

der häufigste und der mittlere Wert in das gleiche Intervall fallen.

Im September ist bemerkenswert (s. Zahlentafel II), daß in den Verteilungen der 4 Orte sich 2 Typen abzeichnen, und zwar Todtmoos und Bernau mit einem breiten Doppelgipfel von je 76% in den Klassen 60 bis 249 mm, andererseits Bonndorf und Titisee (zwei Leelagen) mit 72% bzw. 73% in den Klassen 40 bis 159 mm und einem ausgeprägten Gipfel im Intervall 60 bis 99 mm. Dies deutet darauf hin, daß in den höheren, niederschlagsreichen Lagen des südlichen Schwarzwaldes im September Wetterlagen sich auswirken, die in den niederen Lagen stark abgeschwächt auftreten, so daß sie dort nur „sonst übliche“ Werte erreichen. In den anderen Monaten ist die Möglichkeit einer derartigen Typisierung der Verteilungskurven nicht gegeben, da meistens Übergänge zwischen den beiden extremen Orten Todtmoos und Bonndorf zu finden sind. Da bei diesen Betrachtungen aus technischen Gründen der Zeitraum 1891 bis 1944 verwendet werden mußte, können die Häufigkeitsverteilungen nicht direkt zu den Werten des Zeitraumes 1891 — 1930 (Zahlentafel I) in Beziehung gebracht werden. Die Mittelwerte des Niederschlags der beiden Orte für die Periode 1891 bis 1944 enthält die folgende Tabelle:

Tab. 2
Mittlere Monats- und Jahressummen des Niederschlags (mm)
Zeitraum: 1891—1944

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Jahr
Todtmoos	179	148	147	141	141	147	164	139	139	158	165	194	1862
Bonndorf	77	56	69	68	86	96	95	85	84	78	76	82	952

Der Vergleich mit der Periode 1891—1930 ergibt bei beiden Orten in der Periode 1891 bis 1944 — abgesehen von kleineren Änderungen — im wesentlichen etwas größere Monatssummen im Januar, denen geringere im Dezember gegenüberstehen.

2.1.1.3. Extreme Niederschlagssummen

Wenn auch die Häufigkeitsverteilung der Monatssummen (2.1.1.2.) bereits eine weitgehende Auflösung des Mittelwertes ergibt, so ist besonders für hydrologische Überlegungen noch eine gesonderte Betrachtung der größten und kleinsten Niederschlagssummen erforderlich, ohne deshalb die Bedeutung dieser ganz vereinzelt auftretenden Summen überschätzen zu wollen.

Bei den Extremwerten sind sowohl die Messungen der einzelnen Orte als auch die Verhältnisse des gesamten Raumes zu erfassen. Da die extremen Summen im Untersuchungsgebiet nicht überall gleichzeitig auftraten, wurden zur Betrachtung des Raumes diejenigen Jahre ausgewählt, in denen die meisten Orte einen extremen Wert erreichten.

Die größten und kleinsten Monats- und Jahressummen des Niederschlags (mm) sind in Zahlentafel III zusammengestellt. Um Vergleiche zu den Trockengebieten in der Baar und im Oberrheingraben ziehen zu können, sind u. a. Donaueschingen und Schelingen (Kaiserstuhl) mit angeführt worden. Bei der Beurteilung ist zu berücksichtigen, daß die Werte infolge der unterschiedlichen Beobachtungsdauer der einzelnen Orte sich leider nicht auf einheitliche Zeiträume beziehen. In den Monaten Februar bis April, September und Oktober fiel im extremen Fall teilweise praktisch kein Niederschlag, während die kleinsten Summen im Juni bei den verwendeten Orten über 15 mm liegen, so daß der Juni

keine extrem geringen Summen verzeichnet; andererseits erreicht er aber auch nicht besonders große Beträge. Die größte Monatssumme der betrachteten Orte wurde in Todtnauberg im Dezember 1919 mit 701 mm gemessen.

Die Häufigkeit der extremen Niederschlagssummen soll Zahlentafel IV zeigen. Es wurden jeweils die vier größten und kleinsten Summen im Jahr, in der sogenannten kleinen Vegetationsperiode (Mai bis Juli) und im hydrologischen Sommerhalbjahr (Mai bis Oktober) zusammengestellt. Zur besseren Vergleichbarkeit der Extremwerte sind die Summen in % des Mittels 1891 bis 1930 umgerechnet (Zahlentafel I). Eingetragen wurde ferner das betreffende Jahr.

Danach erreichen die größten Jahressummen in den niederschlagsreicheren Gebieten etwa 140% des langjährigen Mittels, in den Leelagen mit geringeren Summen dagegen etwa 150%. Im trockensten Jahr schwanken die Summen zwischen 60 und 70% des Mittels.

Als Beispiel für ein trockenes Jahr wurde 1921 ausgewählt (Bildtafel IVa). Auf dem Feldberg-Massiv sowie auf den Höhen um Todtmoos betragen die Summen immerhin noch mehr als 1200 mm, während sie nach Osten und Süden schnell abnehmen, so daß sie im Hochrheintal zwischen 650 und 750 mm und im mittleren Wutachtal zwischen 550 und 600 mm liegen. Zum Vergleich sei bemerkt, daß in Deutschland Räume mit mittleren Jahressummen des Niederschlags unter 600 mm als Trockengebiete angesehen werden.

Als zu naß ist u. a. das Jahr 1939 zu bezeichnen, dessen Niederschlagsverteilung Bildtafel IVb enthält. Die größten Summen weist das Feldberg-Massiv mit etwa 2800 mm gegenüber den Höhen um Todtmoos mit etwa 2600 mm auf. Die Summen nehmen dann im Lee der Höhen süd- und ostwärts schnell ab, er-

reichen im Hochrheintal etwa 1500 mm und im mittleren Wutachtal etwa 1200 mm. Da in Einzeljahren die Stationsdichte nicht so groß wie bei den Mittelwertskarten ist, haben diese Karten eine geringere Genauigkeit, zumal die Einzelwerte auch stärker streuen.

Zahlentafel IV läßt ferner erkennen, daß zwischen den Stationen die Streuung der sommerlichen Niederschlagssummen (Mai bis Oktober) relativ groß ist. Die einzelnen Starkregenfälle gehen stärker in diese Summe ein als in den Jahreswert, bei dem die Extreme ausgeglichener sind. Im Vergleich zum Jahr steigen aus diesem Grunde die Prozentwerte der größten Summen an, während die der kleinsten abnehmen.

Diese Tendenz verstärkt sich noch bei der Betrachtung der extremen Summen der kleinen Vegetationsperiode (Mai bis Juli). Die Schwankungsbreite reicht nun von 36% bis zu 195%. Sehr niederschlagsreich waren die Monate Mai bis Juli des Jahres 1930; die Verhältnisse gibt Bildtafel Va wieder. Entsprechend der mittleren sommerlichen Niederschlagsverteilung treten auch in diesem Jahr die größten Summen auf dem Feldberg-Massiv mit mehr als 900 mm auf, während die Höhen um Todtmoos nicht ganz 850 mm erreichen. Nach Osten und Süden nehmen die Summen wieder ab, und zwar bis zum Hochrheintal auf 500 bis 600 mm bzw. bis zur mittleren Wutach auf etwa 350 mm.

Eine vom gewohnten Bild abweichende Verteilung findet sich in der Vegetationsperiode des Jahres 1937 (Bildtafel Vb). Die höchsten Summen mit mehr als

350 mm liegen im mittleren Schwarzwald, während im Feldberg-Massiv etwa 320 mm erreicht werden, auf den Höhen um Todtmoos etwa 280 mm. Eine kleine inselartige Zone geringerer Summen tritt im Tal der Bernauer Alb mit Summen von weniger als 200 mm auf, sowie in einem Streifen von Waldshut bis zur unteren Schwarza mit Summen unter 150 mm. Östlich davon erstreckt sich eine Zone mit knapp 280 mm, während das mittlere Wutachtal Summen zwischen 150 und 200 mm erhielt. Die Karte kann gleichzeitig einen Anhaltspunkt dafür geben, wie durch einzelne Schauer das gewohnte Bild der mittleren Verteilung umso stärker abgewandelt wird, je kürzer der betrachtete Zeitraum ist. Die Auswirkungen dieser extremen Jahre auf die Gebietsmittel der fünf betrachteten Niederschlagsgebiete sind nachfolgend zusammengestellt, wobei sowohl die Summen in Millimetern als auch in Prozenten des Mittels 1891—1930 angegeben wurden. Zur Vervollständigung enthält die Zusammenstellung noch die Werte der hydrologischen Sommerhalbjahre (Mai bis Oktober) 1939 und 1949, deren Verteilungskarten aber nicht wiedergegeben wurden. Die Teilniederschlagsgebiete haben wieder folgende Bezeichnung:

- a) Schluchseewerk bestehend,
- b) Gutach/Haslach-Beileitung,
- c) mittlere Wutach (vom Schluchseewerk direkt unberührt),
- d) Murg/Ibach-Projekt,
- e) Wehra-Projekt.

Tab. 3
Gebietsmittel des Niederschlags (in mm und % des Mittels 1891—1930)
in extremen Witterungsperioden

Teilniederschlagsgebiet	Mai bis Juli				Mai bis Oktober				Jahr			
	1930		1937		1939		1949		1921		1939	
	mm	%	mm	%	mm	%	mm	%	mm	%	mm	%
a)	627.7	165	219.1	58	1062.6	144	404.7	55	920.5	64	1899.3	133
b)	540.6	162	238.5	72	1090.6	169	382.0	59	875.4	71	1865.9	151
c)	374.5	140	174.1	65	849.8	168	290.1	58	619.5	70	1334.7	151
d)	809.3	179	246.8	57	1278.0	144	442.0	50	1188.3	64	2353.3	127
e)	759.5	170	237.1	53	1229.1	141	419.5	48	1110.0	63	2206.8	124

Im allgemeinen sinken die geringsten Summen relativ am stärksten in den niederschlagsreichsten Gebieten ab, während die größten Summen die größten Prozentwerte in den niederschlagsärmeren Gebieten erreichen.

Die Bedeutung der Extremwerte steigt mit ihrer Häufigkeit. Hierbei haben besonderes Interesse die unmittelbar aufeinanderfolgenden Wiederholungen gleichnamiger Extreme.

Tab. 4 enthält daher die Anzahl der Fälle mit Aufeinanderfolgen von Trocken- und Naßjahren für verschiedene Orte mit längeren Niederschlagsbeobachtungen, deren Dauer besonders vermerkt ist. Die letzte Zeile mit dem räumlichen Mittel wurde aus der Mittelbildung der Prozentwerte verschiedener Orte, deren Verhältnisse in der später folgenden Bildtafel VI (unter 2.1.1.5.1.) wiedergegeben werden, gewonnen. Sie läßt erkennen, in wieviel Jahren im gesamten Gebiet Trocken- und Naßjahre mehrmals hintereinander auftraten. Nach den Angaben folgen Naß- und Trockenjahre in gleicher Häufigkeit aufeinander, wenn auch örtlich eine Auswahl überwiegt, die aber von anderen Orten ausgeglichen wird. Während in Bernau in einem Fall sich

6 Naßjahre hintereinander einstellten, trat diese Häufigkeit in Titisee bei den Trockenjahren auf. Im räumlichen Mittel folgten als Extremfall einmal 4 Trockenjahre aufeinander.

2.1.1.4. Mittlerer Jahresgang

Der mittlere Jahresgang folgt aus den Werten der Zahlentafel I; er bezieht sich also auf den Zeitraum 1891—1930. Um die Orte mit unterschiedlichen Niederschlagssummen besser vergleichen zu können, sind die mittleren Monatssummen in Prozenten des betreffenden Jahresmittels ausgedrückt und als „relative Monatssummen“ bezeichnet. Durch Benutzung der relativen Monatssummen werden die aus den Raumunterschieden sich ergebenden großen Differenzen in den Absolutbeträgen des Niederschlags ausgeschaltet, so daß die typischen Eigenschaften der Jahresgänge deutlich hervortreten. Beim Mittelgebirgstyp (M) fallen im Jahresgang die größten Niederschlagssummen auf den Dezember; der Sommer zeigt lediglich ein sekundäres Maximum im Juli. Der Jahresgang ist sonst flach und ausgeglichen, so daß ausgeprägte „Trockenzeiten“ ausbleiben.

Tab. 4
 Aufeinanderfolge von Trocken- und Naßjahren
 Trockenjahr: Jahressumme höchstens 90% des Mittels
 Naßjahr: Jahressumme mindestens 110% des Mittels

Station	Seehöhe m		2	3	4	5	6	Zeitraum
			Jahre					
Bernau (60 Jahre)	922	T	4	1	2	—	—	1891—1944, 47—53
		N	2	1	—	—	1	
Bonndorf (63 Jahre)	850	T	5	2	—	—	—	1891—1953
		N	4	1	—	—	—	
Bürchau (50 Jahre)	680	T	2	1	—	—	—	1902—1944, 47—53
		N	4	—	1	—	—	
Donaueschingen (54 Jahre)	692	T	4	2	—	—	—	1891—1944, 48—53
		N	3	1	—	—	—	
Freiburg (63 Jahre)	270	T	2	1	—	—	—	1891—1953
		N	2	3	—	—	—	
St. Blasien (52 Jahre)	785	T	3	2	—	—	—	1902—1953
		N	2	1	1	—	—	
Schönau im Schw. (38 Jahre)	546	T	2	1	—	—	—	1903—1940
		N	5	1	—	—	—	
Titisee (52 Jahre)	860	T	—	1	1	—	1	1891—1942
		N	4	—	1	—	—	
Todtmoos (54 Jahre)	811	T	4	2	—	—	—	1891—1942
		N	5	1	—	—	—	
Räuml. Mittel		T	4	1	1	—	—	1891—1953
		N	4	1	—	—	—	

Abweichend davon bewirken die häufigen sommerlichen Stauniederschläge am Feldberg-Massiv in diesen Monaten erhöhte Niederschläge, so daß die Maxima im Dezember und Juli einander entsprechen. Es handelt sich hier um einen abgewandelten Mittelgebirgstyp, den man als Übergangstyp (MS) bezeichnen kann. In den niederen Lagen des zu diesem Typ gehörenden Gebietes wird das Sommermaximum allerdings durch die zunehmende Schauertätigkeit bedingt, während es auf dem Feldberg-Massiv eine Folge besonderer Stauwirkungen ist. Die Ursachen des gleichen Typs unterscheiden sich daher.

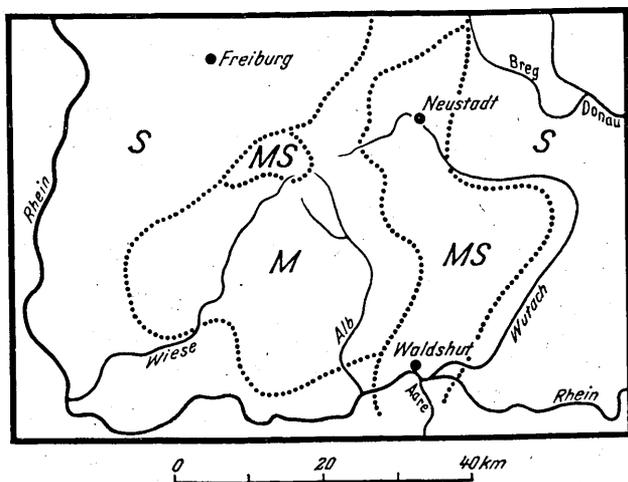


Abb. 2
 Typen im mittleren Jahresgang des Niederschlags
 Zeitraum: 1891—1930

Beim Sommerregentyp (S) haben die Monate Juni bis August die größten Niederschlagssummen und der Dezember nur ein sekundäres Maximum. Die geringsten Summen fallen im Februar, ein Nebenminimum er-

scheint noch im November; beide Minima sind im Jahresgang gut ausgeprägt. Der Sommerregentyp ist sehr günstig für die Wasserversorgung der Pflanzen; dies fällt bei der starken landwirtschaftlichen Nutzung der niederen Lagen ins Gewicht. Die räumliche Verteilung der drei Typen ist aus Abb. 2 ersichtlich.

Die räumlichen Unterschiede im Jahresgang soll die Zusammenstellung in Tab. 5 veranschaulichen. Sie enthält die Differenzen der mittleren relativen Monatssummen des Niederschlags (Monatssummen in % des Jahresmittels 1891—1930) zwischen mehreren Orten.

Die niederen und auch absolut niederschlagsärmeren Lagen empfangen danach von April bis September prozentual mehr Niederschlag als der eigentliche Schwarzwald, der im Winter einen größeren Anteil an der Jahresresumme hat. Eine Ausnahme bildet der Vergleich Todtmoos-Feldberg; da der Feldberg infolge der sommerlichen Stauniederschläge zum Übergangstyp (MS) gehört, Todtmoos dagegen zum Mittelgebirgstyp (M), tritt eine Umkehrung der Verhältnisse ein.

Betrachtungen von W. Peppler (51) an Hand der Quotienten der mittleren Monatssummen brachten analoge Ergebnisse. Ein strenger Vergleich ist jedoch schwierig, da die Untersuchungen auf einem anderen Zeitraum basieren.

Auf die zeitlichen Änderungen des Jahresganges wird später (unter 2.1.1.5.2.) eingegangen werden. An dieser Stelle sei nur erwähnt, daß in Einzeljahren der Jahresgang völlig vom Mittel abweichen kann und daß kaum ein Jahr weder in der Summe noch im Verlauf den mittleren Jahresgang aufweisen wird.

2.1.1.5. Schwankungen des Niederschlags

In den bisherigen Betrachtungen blieben eventuelle zeitliche Schwankungen des Niederschlags unerörtert.

Die Frage einer wesentlichen Änderung der Niederschlagssummen erlangte besonders in den Jahren nach

Tab. 5
Differenzen der mittleren relativen Monatssummen des Niederschlags
(Monatssummen in % des Jahresmittels 1891—1930)

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Säckingen-Todtmoos	-2.5	-1.9	-1.2	0.1	1.4	2.5	1.7	2.7	1.6	0.4	-1.2	-3.6
Altenburg-Feldberg	-1.9	-1.7	-1.1	1.1	0.6	1.8	1.6	3.1	0.8	-0.9	-1.0	-2.4
Eberfingen-Schluchsee	-1.1	-0.9	-1.0	-0.2	0.2	1.4	1.1	2.0	0.7	0.0	-1.0	-1.2
Säckingen-Feldberg	-1.5	-1.2	-0.9	0.6	0.9	1.2	0.7	2.1	0.6	-0.3	-0.3	-1.9
Bonndorf-Feldberg	-0.4	-1.2	-0.3	0.3	0.6	0.6	0.3	0.9	0.0	-0.8	-0.3	-0.3
Titisee-Feldberg	-0.2	-0.7	-0.2	0.6	0.3	1.2	-0.1	0.4	0.0	-0.7	0.5	-0.1
Todtmoos-Feldberg	1.0	0.7	0.3	0.5	-0.5	-1.3	-1.0	-0.6	-1.0	-0.6	0.9	1.7

1945 infolge des akuten Wassermangels besondere Bedeutung. Die Sensationsnachrichten über eine „Verstepung Mitteleuropas“ ließen sich jedoch schnell widerlegen, und zwar konnten die Wassermangelerscheinungen im wesentlichen auf wasserbauliche Eingriffe, erhöhten Wasserverbrauch von Industrie und Bevölkerung, in geringem Maße auch auf eine Zunahme der Verdunstung infolge einer Erwärmung Mitteleuropas zurückgeführt werden. K. K n o c h (35) wies darauf hin, daß keine Änderung der Jahressummen des Niederschlags in den letzten Jahren eingetreten sei, daß wir z. Z. nur eine kleine „Klimapendelung“ erleben. Auch A. S c h u l z e (71), A. R u s s (59) u. a. kamen zu einem ähnlichen Ergebnis.

Nachstehend wird der Frage einer eventuellen Änderung der Niederschlagsverhältnisse an Hand des Materials aus dem südlichen Schwarzwald nachgegangen und die Größenordnung durch Zahlen belegt.

2.1.1.5.1. Zeitlicher Verlauf der Monats- und Jahressummen

Da die Niederschlagssummen einzelner Monate örtlich sehr stark variieren, werden zur Ausschaltung dieser lokalen, das allgemeine Bild verwischenden Besonderheiten die Schwankungen des räumlichen Mittels verfolgt. Dieses wurde aus den Werten der Orte Bernau, Bonndorf, Bürcchau, Donaueschingen, Freiburg, St. Blasien, Schönau, Titisee und Todtmoos gebildet. Die Einzelwerte sind in Prozenten des Mittels 1891—1930 ausgedrückt und damit voll vergleichbar. Wegen unterschiedlicher Beobachtungsdauer, besonders in den Kriegs- und Nachkriegsjahren, standen für die Berechnung des räumlichen Mittels in manchen Jahren weniger Orte zur Verfügung. In Bildtafel VI ist der zeitliche Verlauf dieses räumlichen Mittels von 1891 bis 1953 dargestellt.

Da auch die Niederschlagssummen nach 1930 in Prozenten des Mittels 1891—1930 ausgedrückt sind, kann aus der Lage der Kurve die Änderung des Mittelwertes bei Einbeziehung der Werte nach 1930 erschlossen werden.

Der Januar ist nach 1930 niederschlagsreicher geworden. Den vorwiegend, zum Teil beträchtlichen positiven Abweichungen (bis zu 260% im Jahre 1936) stehen nur wenige negative Werte gegenüber, von denen der im Jahre 1953 mit 13% des Mittels bemerkenswert ist.

Auch der Februar war in den beiden letzten Jahrzehnten niederschlagsreicher. Besonders zu nennen sind

die sehr nassen Februarmonate der Jahre 1935 mit 250% und 1937 mit 265%; andererseits blieb der Februarwert im Jahre 1891 bei 8%.

Ausgeglichenere zeigt sich im allgemeinen der März. Eine Ausnahme bilden die 330% des Jahres 1914; sie haben auch das März-Mittel des Zeitraumes 1891—1930 „etwas überhöht“ (s. 2.1.1.5.2., Abb. 3).

Im April pendeln die Monatssummen meist um den Mittelwert, ausgenommen die trockenen Jahre 1891 bis 1896 mit dem geringen Wert von 1% im April 1893 (gebietsweise völlig trocken; längste in Südbaden beobachtete Trockenperiode von 45 niederschlagslosen Tagen) und die Jahre ab 1937 mit meist unternormalen oder höchstens gerade normalen Werten.

Ausgeglichen ist auch der Verlauf im Mai, der kaum extreme Jahre verzeichnet. Ähnliche Verhältnisse hat der Juni, der schon bei der Betrachtung der extremen Niederschlagssummen (2.1.1.3.) durch seine Ausgeglichenheit auffiel.

Der Juli unterscheidet sich nur wenig vom Juni; die Anzahl der Jahre mit weit unternormalen Niederschlagssummen ist jedoch größer als im Vormonat. Keine Besonderheiten zeigt der Verlauf der Kurve im August.

Im September stellen sich in zwei aufeinanderfolgenden Jahren krasse Gegensätze ein: 1940 mit 261% und 1941 mit 21%. In den einzelnen Monaten von Mai bis September können keine wesentlichen Änderungen der Monatsmittel nach 1930 festgestellt werden.

Stark unterschiedlich ist der zeitliche Verlauf der Niederschlagssummen im Oktober. Von 1897 bis 1921 treten vorwiegend unternormale Summen auf, während anschließend bis 1941 die Kurve positiv verschoben ist; dann folgt wieder ein Abschnitt mit meist zu geringen Summen. Die Monatssummen des Oktobers ergeben daher im langjährigen Mittel einen Rückgang.

Der November zeigt eine ähnliche Struktur. Vor 1910 dominieren die unternormalen Monatssummen, danach bis etwa 1930 die übernormalen. Ganz außergewöhnlich verhält sich dagegen der Zeitraum nach 1942, der infolge der nassen Jahre 1944 mit 350%, 1950 mit 316% und 1952 mit 262% das Mittel wesentlich erhöht.

Wenige, aber sehr nasse Monate im Dezennium 1911 bis 1920 prägen dem Niederschlagsmittel 1891—1930 des Dezember einen Charakterzug auf, der kaum den „mittleren Verhältnissen“ gerecht wird. Die anschließenden Jahre, besonders im Zeitraum 1931 bis 1943, sind meist unternormal. Dieser Rückgang zu geringeren Werten

im langjährigen Mittel dürfte dem Charakter des Dezember besser entsprechen (s. 2.1.1.5.2.).

In der Kurve der Jahressummen gleichen sich die Verschiebungen innerhalb einzelner Monate soweit aus, daß eine Änderung des langjährigen Jahresmittels durch

Einbeziehung der Jahre nach 1930 kaum zu erkennen ist. Sie liegt weit innerhalb der natürlichen Streuung der Einzelwerte. Die quantitative Änderung der Monatssummen in den Jahren nach 1930 kann der folgenden Zusammenstellung entnommen werden.

Tab. 6
Mittlere Monats- und Jahressummen des Niederschlags des Zeitraums 1891 — 1953 in % des Mittels 1891 — 1930 (räumliches Mittel im Südschwarzwald)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Jahr
110	105	98	95	100	104	97	101	104	95	108	92	101

Hierbei wurden die Monatssummen (in % des Mittels 1891 — 1930) des räumlichen Mittels von 1891 bis 1953 aufgerechnet und gemittelt. Es bedeutet z. B. ein Wert von 110%, daß das Mittel des Gesamtzeitraumes 110% des Mittels 1891 — 1930 beträgt, also um 10% zugenommen hat.

Die stärkste Zunahme haben somit Januar und November, die größte Abnahme Dezember, April und Oktober, während die anderen Monate und das Jahr fast unverändert bleiben.

Da es bei Betrachtungen von Gebietsmitteln durchaus vorkommen kann, daß bemerkenswerte örtliche Sonderheiten verwischt werden, wurden die Verhältnisse noch an den individuellen Werten einzelner Orte überprüft, und zwar auch im Hinblick auf die Frage, welche Änderungen evtl. durch die bestehenden Anlagen des Schluchseerwerkes bedingt sein können. Die Durchsicht der Werte ergab, daß — von vereinzelt unwesentlichen Ausnahmen abgesehen — die Änderungen im Untersuchungsgebiet einheitlich sind. Sie stehen also mit wasserbaulichen Maßnahmen in keinem Zusammenhang.

2.1.1.5.2. Zeitliche Änderungen des Jahresganges

Da der Gang des Niederschlags im Einzeljahr vom mittleren Jahresgang abweicht (s. 2.1.1.4.), stützt sich die nachfolgende Betrachtung der zeitlichen Änderungen auf Dezennienmittel, und zwar der Absolutwerte (in mm), um gleichzeitig die Unterschiede in den Niederschlagssummen der einzelnen Dezennien erkennen zu lassen.

In Abb. 3 sind diese Werte für Bonndorf (1891 bis 1950) und Bernau (1891 bis 1952, ohne 1945/46) dargestellt. Hervorgehoben ist dabei der mittlere Jahresgang des Zeitraumes 1891 — 1930. Die Lage der Werte in den einzelnen Monaten gibt Anhaltspunkte über die Streuung des Mittelwertes. Bei der Verwendung von Dezennienmitteln in Prozenten des betreffenden Jahresmittels würden sich für denselben Ort die einzelnen Werte stärker angleichen und auch die Unterschiede zwischen den Orten geringer sein. Im Einzelmonat genügen schon wenige extreme Jahre, um das Mittel wesentlich zu erhöhen oder zu erniedrigen, so daß dieses nur bedingt wirklich „mittlere Verhältnisse“ wiedergibt.

So ist der relativ geringe Mittelwert des Januar (1891 — 1930) vor allem auf das trockene Dezennium 1891 bis 1900 zurückzuführen, örtlich, u. a. auch in Bonndorf, noch auf das von 1921 bis 1930. Das Monatsmittel 1891 — 1930 würde also bei Ausschaltung dieser Werte beträchtlich höher liegen.

Zu große Mittelwerte haben die Monate März durch das Dezennium 1911 bis 1920 sowie April und Mai (in Bernau) durch das Dezennium 1921 bis 1930.

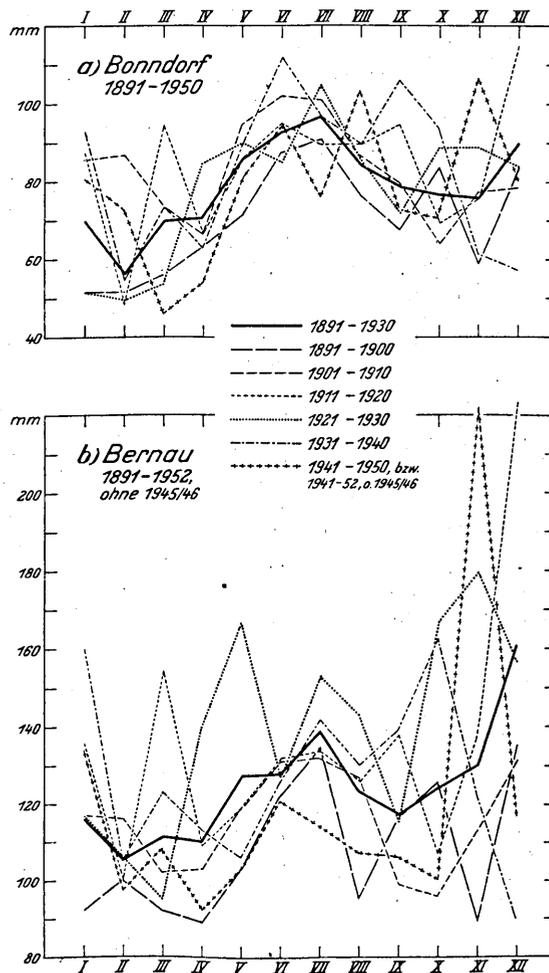


Abb. 3
Dezennienmittel der Monatssummen des Niederschlags (mm)

Geringere Streuungen der einzelnen Dezennienwerte verzeichnen die Monate Februar, Juni (s. 2.1.1.2. und 2.1.1.3.) und Juli.

Die Monate Oktober bis Dezember heben sich dagegen wieder durch eine große Streuung der Werte ab. Während im Oktober die Dezennienwerte in Bonndorf eng zusammen liegen, stellt sich in Bernau eine große Schwankungsbreite ein, bedingt durch mehrere Jahre mit extrem hohen Summen im Zeitraum 1921 bis 1940. So wurden allein in 3 Jahren Summen von mehr als 300 mm, in 3 anderen Jahren dieses Zeitraumes von mehr als 200 mm gemessen. Ohne das Dezennium 1921 bis 1930 würde auch in Bernau im mittleren Jahresgang des Zeitraumes 1891 — 1930 wie in Bonndorf zum Oktober kein Anstieg der Kurve erfolgen.

Eine sehr große Streuung der Dezennienwerte zeigt der November, besonders in Bernau, da die Abwei-

chungen der Monatssummen vom Mittelwert in niederschlagsreichen Gebieten am größten sind. Am nassesten erwies sich der Zeitraum 1941 bis 1950. In Bernau (1941 bis 1952, ohne 1945/46) liegen die 5 größten Monatssummen bei 510 (1944), 377, 329, 299 und 227 mm. Demgegenüber wurden im trockensten Dezennium 1891 bis 1900 in 7 Jahren Monatssummen von weniger als 100 mm gemessen.

Eine fast gleichgroße Streuung weist der Dezember auf. Der größte Wert fällt, wie schon unter 2.1.1.5.1. erwähnt, in das Dezennium 1911 bis 1920, bei dem in Bernau die 4 größten Monatssummen 456, 396, 357 und 222 mm betragen, während nur ein Monat weniger als 100 mm hat. Dieses niederschlagsreiche Dezennium bewirkt, daß zum Dezember im Jahresgang des Zeitraumes 1891 — 1930 ein steiler Anstieg eintritt; der Mittelwert 1911 bis 1920 liegt oberhalb des Mittelwertes der 3 anderen Dezennien und ist daher für Wahrscheinlichkeitsbetrachtungen nicht so bedeutungsvoll. Infolge der trockenen Dezennien nach 1930 erniedrigt sich das langjährige Monatsmittel bei einer Verlängerung bis zur Gegenwart (s. 2.1.1.5.1.).

Die vorstehenden Ausführungen lassen erkennen, daß für die Betrachtungen von mittleren Jahresgängen möglichst lange Zeiträume, mindestens 40 Jahre, verwendet werden sollten, wobei die Werte dann wieder in Dezennien zu zerlegen sind, damit über die Schwankungsbreite etwas ausgesagt werden kann. Auf die mathematische Darstellung der Streuungen („standard deviation“) in den einzelnen Monaten sei verzichtet.

2.1.1.5.3. Häufigkeit bestimmter Monatssummen in verschiedenen Zeiträumen

Eine Änderung der Struktur der sommerlichen Niederschläge fand H. Schirmer (60) für eine Auswahl von Orten im Weser-Ems-Gebiet, in Hessen und am Bodensee. Betrachtet wurden die Niederschlagssummen der sogenannten kleinen Vegetationsperiode (Mai bis Juli) der Jahre 1891 bis 1944. Da die Häufigkeit der einzelnen Stufenwerte etwa ab 1917 eine Änderung aufwies, wurden die Häufigkeitsverteilungen der Jahre 1891 bis 1916 und 1917 bis 1944 einander gegenübergestellt. Dabei ergab sich, daß in dem zweiten Zeitraum die Häufigkeit der zu trockenen Sommer zugenommen hat, summenmäßig aber wieder durch einige extrem nasse Jahre kompensiert wird. Da dieser Effekt bei den 5 Orten des Bodenseegebietes nur schwach ausgeprägt war, erschien es fraglich, ob diese Änderung überall in Deutschland eingetreten ist.

Deshalb wurde an Hand der Werte der in Bildtafel VI verwendeten 9 Orte untersucht, ob sich auch im südlichen Schwarzwald diese Änderung der Niederschlagsstruktur einstellte.

Beim Vergleich der beiden Teilreihen 1891 bis 1916 und 1917 bis 1944 liegen die beiden Mittel bei 99% bzw. 107% des Mittelwertes 1891 — 1930, so daß also der letzte Zeitraum um etwa 8% niederschlagsreicher war. Die Häufigkeiten (in ‰) der einzelnen Schwellenwerte (in % des Mittels 1891 — 1930 umgerechnet) unterscheiden sich in den beiden Zeiträumen wie folgt:

Tab. 7

Häufigkeit (‰) bestimmter Niederschlagssummen (% des Mittels 1891—1930) der Monate Mai bis Juli in den Zeiträumen a) 1891—1916 und b) 1917—1944 von 9 Orten im südlichen Schwarzwald

	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	% des Mittels
	-59	-69	-79	-89	-99	-109	-119	-129	-139	-149	-159	-169	-179	-189	-199	
a)	15	75	100	170	150	160	130	100	45	30	15	10	—	—	—	‰
b)	49	110	110	146	73	118	114	85	65	45	41	16	8	8	8	‰

Die beiden Intervalle um den Mittelwert (= 100%), also 80 bis 119%, weichen in der Häufigkeit wesentlich voneinander ab. Während von 1891 bis 1916 noch 610‰ aller Fälle in diesen Klassen liegen, verringert sich die Häufigkeit im Zeitraum 1917 bis 1944 auf 451‰. Der Ausgleich tritt in den Klassen unter 70% bzw. über 140% des Mittelwertes ein. Die extremen Niederschlagssummen haben also auch im Untersuchungsgebiet in den letzten Jahren zugenommen; dabei bedingen die besonders großen Summen eine Zunahme des Niederschlags in der Vegetationsperiode. Eine Verlängerung des Zeitraumes bis 1953 (s. 2.1.1.5.1.) würde allerdings diese Zunahme wieder weitgehend ausgleichen, da das Mittel 1891 bis 1953 der drei einzelnen Monate Mai bis Juli etwa 100% des Mittels 1891—1930 beträgt.

Eine Untersuchung der beiden Zeiträume 1913 bis 1932 und 1933 bis 1952 von 6 Orten des Untersuchungsgebietes, die wegen der Inbetriebnahme des gestauten Schluchsees zu diesem Zeitpunkt wichtig erschien, brachte keine derartigen Unterschiede wie in vorstehender Tabelle (1891 bis 1916, 1917 bis 1944).

2.1.2. Niederschlagshäufigkeit

Die Betrachtungen der Monatssummen müssen ergänzt werden durch Angaben über die Niederschlagshäufigkeit, also die Anzahl der Tage mit Niederschlag bestimmter Menge. Die natürliche Zeiteinheit für derartige Auszählungen ist der Kalendertag, wobei sich

infolge des Beobachtungstermins der Niederschlagsmeßstellen das Datum auf die Zeit von 07 Uhr des Vortages bis 07 Uhr des Stichtages bezieht.

Die Festlegung der Stufenwerte bei den Tagessummen des Niederschlags erfolgt nicht willkürlich, sondern nach dem logarithmischen Gesetz. Die von K. Schneider-Carius (69) vorgeschlagene logarithmische Skala ist so gewählt, daß in ihr die bisher üblichen Schwellenwerte von 0.1, 1.0 und 10.0 mm Tagesmenge enthalten sind. Da aber für wasserwirtschaftliche und landwirtschaftliche Überlegungen die Niederschlagssummen von weniger als 1.0 mm ohne besondere Bedeutung sind, sie andererseits vor allem in den unteren Werten von 0.1 bis 0.3 mm mit einer größeren Schwankungsbreite infolge lokaler Lage oder z. T. unterschiedlicher Beobachtungsgenauigkeit behaftet sind, werden im vorliegenden Fall als Niederschlagshäufigkeit die Zahl der Tage mit Niederschlag von mindestens 1.0, 2.5 und 10.0 mm dargestellt.

Die Niederschlagswahrscheinlichkeit ist das in % oder ‰ ausgedrückte relative Maß für die (absolute) Niederschlagshäufigkeit. So entspricht z. B. die mittlere Niederschlagshäufigkeit von 15 Tagen im Juni einer Niederschlagswahrscheinlichkeit von 50%.

2.1.2.1. Mittelwerte des Zeitraumes 1911—1940

Der bei den mittleren Monatssummen verwendete Zeitraum 1891—1930 kann allgemein bei der Nieder-

schlagshäufigkeit nicht benutzt werden, da aus den früheren Jahren die Tageswerte des Niederschlags nicht mehr lückenlos vorliegen. Ausgewählt wurde daher auch für die badischen Stationen die Periode 1911—1940, in welcher eine etwas größere Anzahl von Niederschlagsmeßstellen durchgehend beobachtete. Zur Verdichtung des Stationsnetzes wurden außerdem die Meßergebnisse von Orten mit kürzerer Beobachtungsdauer auf diesen Zeitraum reduziert.

Die mittlere Zahl der Tage mit Niederschlag von mindestens 1.0 mm ist in Zahlentafel V zusammengestellt, und zwar a) alle durchgehenden Reihen (Lücken wurden ergänzt) und b) alle reduzierten Werte kürzerer Reihen.

Die räumliche Verteilung der mittleren jährlichen Niederschlagshäufigkeit dieses Schwellenwertes ist im Klima-Atlas von Baden-Württemberg (33) wiedergegeben. Grob gesehen entspricht das Bild der mittleren Niederschlagsverteilung, d. h. die Niederschlagshäufigkeit ordnet sich allgemein nach der Jahressumme des Niederschlags, örtliche Abweichungen sind die Folge besonderer Luv- oder Leewirkungen.

Die Unterschiede im Jahresgang sind innerhalb des Untersuchungsgebietes relativ gering. In den niederen Lagen fallen am häufigsten in den Monaten April bis August Niederschläge von mindestens 1.0 mm, ein sekundäres Maximum im Jahresgang erscheint noch im Dezember und Januar. Das Minimum verzeichnet der Februar. In den niederschlagsreicheren Lagen gleichen sich die beiden Maxima weitgehend an, der Gang ist also abgeflachter. Auf dem Feldberg hat der April die größte Niederschlagshäufigkeit; nach diesem Monat nehmen die Werte zunächst fast gleichmäßig bis zum September ab, darauf steigen sie wieder an bis zu den Monaten Dezember und Januar, die ein den Aprilwerten nahes sekundäres Maximum aufweisen. Der für einige Orte durchgeführte Vergleich des mittleren Jahresganges im Zeitraum 1911—1940 mit dem der Periode 1891—1930 zeigt, daß keine wesentlichen Unterschiede bestehen, daß also ein Vergleich zu den mittleren Verteilungskarten des Niederschlags trotz der verschiedenen Perioden gezogen werden kann.

Der nächste Stufenwert 2.5 mm besitzt eine größere Bedeutung in wasserwirtschaftlicher und landwirtschaftlicher Hinsicht. Nach R. Keller (31) fließt im Sommer bei Tagessummen des Niederschlags von weniger als 3 mm kaum etwas ab, während von den Summen darüber der größte Teil den Abfluß erhöht. Die mittlere Zahl der Tage mit Niederschlag von mindestens 2.5 mm enthält Zahlentafel VI, die entsprechend Zahlentafel V aufgebaut ist. Infolge fehlender Tagessummen des Niederschlags der früheren Jahre (Originalbeobachtungen nicht mehr vorhanden, Tageswerte nicht veröffentlicht, Häufigkeit dieses Schwellenwertes früher nicht ausgezählt) stehen weniger Orte mit vollständigen Reihen zur Verfügung.

Auf die Wiedergabe der jährlichen Verteilungskarte wird ebenfalls verzichtet, weil sie keine neuen Gesichtspunkte bringt. Die größte Niederschlagshäufigkeit hat das Feldberg-Massiv mit mehr als 140 Tagen, während die Höhen um Todtmoos und der mittlere Schwarzwald (innerhalb des Kartenausschnittes) mehr als 130 Tage verzeichnen. Nach Osten nehmen wieder die Werte bis zum mittleren Wutachtal auf etwa 100 Tage ab.

In den höheren Lagen des südlichen Schwarzwaldes fällt das Maximum im mittleren Jahresgang auf die Monate Juni bis August, während in den anderen Gebieten auch bereits der Mai hohe Werte erreicht. Sekundäre Maxima stellen sich im Dezember und Januar ein. Das Minimum hat wieder der Februar,

Tagessummen von mindestens 10.0 mm sind wesentlich am Wasserhaushalt beteiligt. Nach H. H. Johansen (30) besteht eine enge lineare Beziehung zwischen der mittleren Jahressumme des Niederschlags und der mittleren jährlichen Zahl der Tage mit Niederschlag von mindestens 10.0 mm. Abweichungen davon treten in größerem Ausmaß besonders in den Gebieten mit geringen Niederschlagssummen auf. Im Schwarzwald bewegen sich diese Abweichungen vom Mittelwert zwischen +5 und -5%. Im Durchschnitt steigt im südlichen Schwarzwald die Zahl der Tage mit Niederschlag von mindestens 10.0 mm um 3.7 Tage bei einer Zunahme der mittleren Jahressumme des Niederschlags von 100 mm an.

Die räumliche Verteilung dieses Schwellenwertes enthält Bildtafel VII. Die größte Niederschlagshäufigkeit erscheint mit mehr als 70 Tagen sowohl am Feldberg-Massiv als auch auf den Höhen um Todtmoos, die bei den anderen Schwellenwerten hinter dem Feldberg zurückblieben. Der Niederschlagsreichtum der Höhen um Todtmoos wird also in erster Linie durch einen besonders großen Anteil der Zahl der Tage mit mindestens 10.0 mm Niederschlag im Vergleich zum Feldberg-Massiv gebildet, da die Niederschlagshäufigkeit allgemein geringer ist infolge zeitweiliger Leewirkungen.

Der mittlere Jahresgang, ersichtlich aus Zahlentafel VII, weist innerhalb des Untersuchungsgebietes relativ etwas größere Unterschiede als bei den anderen Schwellenwerten auf. Auf den höheren Lagen des südlichen Schwarzwaldes wird das Maximum entweder in den Monaten Januar und Dezember (Todtmoos) oder im Juli bzw. November (Bernau) erreicht, mit Nebenmaxima im April und den Monaten des Hauptmaximums bei der anderen Station. Das Nebenmaximum im April ist kennzeichnend für den höheren Schwarzwald einschließlich der eingeschnittenen Täler, während in den niederen Lagen der April ein sekundäres Minimum verzeichnet, das örtlich zum Hauptminimum wird. Die geringste Niederschlagshäufigkeit hat der Februar — abgesehen von wenigen Ausnahmen — mit einem April-Minimum. In den niederen Lagen ist der Juli oder der Juni der Monat mit der größten Zahl der Tage von mindestens 10.0 mm Niederschlag.

2.1.2.2. Häufigkeit bestimmter Niederschlagstage

Entsprechend dem Abschnitt 2.1.1.2. muß die mittlere Niederschlagshäufigkeit noch in die Einzelwerte aufgelöst werden, um die Streuung der Tage mit Niederschlag aufzuzeigen. Zahlentafel VIII gibt für die Orte Bernau, Birkendorf, Bonndorf, Titisee und Todtmoos die Wahrscheinlichkeit (% aller Fälle) wieder, mit der in den einzelnen Monaten bestimmte Schwellenwerte (mindestens 1.0 mm, 2.5 mm, 10.0 mm) zu erwarten sind.

Die Einteilung der Intervalle mußte den unterschiedlichen Häufigkeiten der drei Schwellenwerte angepaßt werden. Für technische Zwecke lassen sich aus den Angaben leicht Summenkurven ableiten.

Zahlentafel VIII läßt u. a. erkennen, daß nur sehr selten Monate zu erwarten sind, in denen an mehr als 25 Tagen Niederschlag von mindestens 1.0 mm fällt. Bemerkenswert ist auch hier wieder die relativ geringe Streuung der Werte im Juni; so wird z. B. in Bonndorf in 72% aller Jahre an 10 bis 15 Tagen Niederschlag von mindestens 1.0 mm gemessen, in Todtmoos in 68% an 13 bis 19 Tagen. Die größte Schwankungsbreite verzeichnen bei den Tagen mit mindestens 1.0 und 2.5 mm die Monate April und Oktober, während bei den Tagen mit mindestens 10.0 mm Niederschlag örtlich unterschiedliche Monate zu finden sind. Der Tabelle können die räumlichen Unterschiede in der Nie-

derschlagshäufigkeit entnommen werden. Als Gegensatz sei z. B. angeführt, daß im Februar Bonndorf in 60% aller Fälle höchstens einen Tag mit mindestens 10.0 mm Niederschlag zu erwarten hat, während in Todtmoos dieser Wert bei 14% liegt; dort fällt mit 57% an 4 bis 9 Tagen Niederschlag von mindestens 10.0 mm.

2.1.2.3. Häufigkeit bestimmter Intervalle der Niederschlagstage

Im vorigen Abschnitt wurden die Tage mit Niederschlag nach bestimmten Mindestsummen geordnet, wobei die Zunahme der Tagessummen nach höheren Werten unbegrenzt blieb. Für wasser- und landwirtschaftliche Überlegungen reicht diese Art der Bestimmung nicht aus. Die Niederschlagshäufigkeiten bzw. -wahrscheinlichkeiten müssen noch nach beiderseits begrenzten Intervallen ausgezählt werden.

Die Einteilung der Klassen erfolgte nach dem logarithmischen Gesetz, wobei — wie schon erwähnt — die bisher üblichen Schwellenwerte von 0.1, 1.0 und 10.0 mm mit erfaßt werden. Eine derartige logarithmische Merkmalskala stellte K. Schneider-Carius (69) auf.

Die Auszählungen können nur maschinell vorgenommen werden, so daß hierbei auf Stationen mit hollerithierten Tagessummen des Niederschlags möglichst langer Zeiträume zurückgegriffen werden mußte. Derartige Auswertungen liegen in Zahlentafel IX für die

Orte Bernau (1890 bis 1939), Birkendorf (1914 bis 1939), Bonndorf (1890 bis 1939), Bubenbach (1912 bis 1939), Schönau (1912 bis 1939), Titisee (1890 bis 1939) und Todtmoos (1890 bis 1939) vor. Da die Häufigkeit in ‰ aller Tage ausgedrückt ist, stellt der Inhalt der Zahlentafel IX die Niederschlagswahrscheinlichkeit für die einzelnen Intervalle dar. Wenn auch den geringen Tagessummen des Niederschlags wenig Bedeutung zukommt und die Fehlermöglichkeiten relativ groß sind, so wurden sie doch in die Tabelle aufgenommen, damit aus den vollständigen Angaben der Niederschlagswahrscheinlichkeit für die einzelnen Orte und Monate auch die Häufigkeit der Tage ohne Niederschlag (Differenz zwischen 1000 und der gesamten Niederschlagswahrscheinlichkeit des Monats) entnommen werden kann.

Zu den mittleren Monatssummen tragen die Tagessummen bis zu 0.9 mm nur unwesentlich bei. Für Bonndorf wurde der Anteil der Tagessummen von 0.0 bis 0.9 mm am Monatsmittel des Januar zu etwa 2% berechnet. Da die Verteilung der Maxima und Minima im Jahresgang der einzelnen Intervalle bis zu 0.9 mm örtlich auch stärker schwankt, sind sie in der folgenden Betrachtung der monatlichen Unterschiede ausgeschlossen worden.

Zur besseren Veranschaulichung von Zahlentafel IX sind in Abb. 4 die Verteilungen der Monate Januar, April, Juli und Oktober sowie die des Jahres für die Orte Bonndorf, Titisee und Todtmoos dargestellt. Die

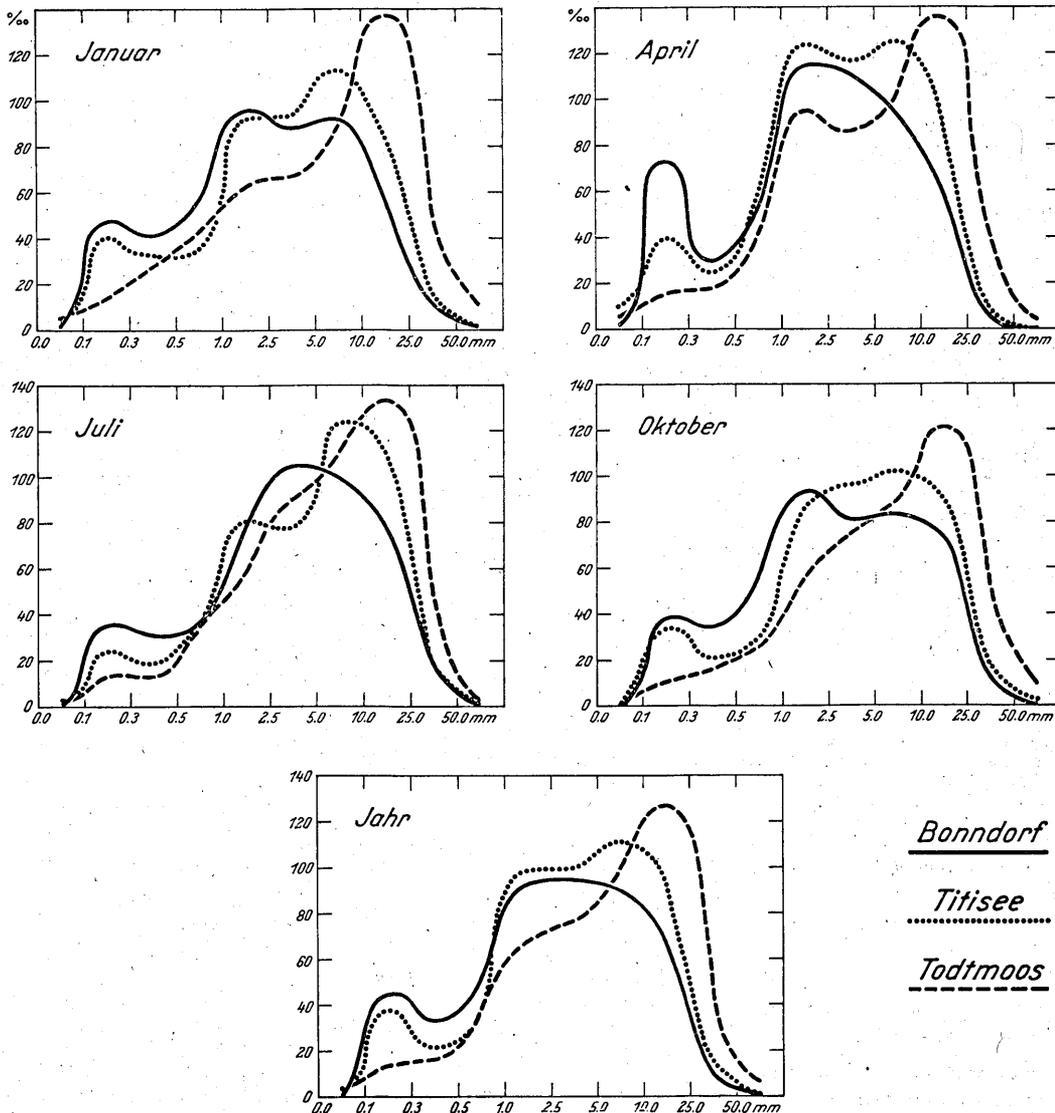


Abb. 4

Relative Häufigkeit der Niederschlagstage (in ‰ aller Tage) nach Intervallen der Summen geordnet. Zeitraum: 1890—1939

Verteilungen der anderen Orte der Zahlentafel IX bilden im allgemeinen die Übergänge zwischen diesen Kurven. Mit Hilfe der Zahlentafel IX kann festgestellt werden, welche Intervalle der Tagessummen des Niederschlags an der mittleren Zahl der Tage mit Niederschlag von mindestens 1.0, 2.5 und 10.0 mm (s. 2.1.2.1.) maßgeblich beteiligt sind. Diese Tabelle ermöglicht ferner einen Überblick über den Jahresgang der Häufigkeit der einzelnen Intervalle. Hierbei ist aber zu beachten, daß die Streuung infolge des geringen Kollektivs bedeutend größer als bei den mittleren Jahreswerten (Abb. 4) oder der mittleren monatlichen Niederschlagshäufigkeit (s. 2.1.2.1.) sein muß. In den einzelnen Monaten stehen bei den langen Reihen durchschnittlich etwa 1400 bis 1550 Tage zur Verfügung, von denen etwa 650 bis 850 Tage Niederschlag von mindestens 0.0 mm aufweisen, die sich dann auf die 10 festgelegten Intervalle verteilen. Es ist daher verständlich, daß der mittlere Jahresgang der einzelnen Intervalle noch nicht ausgeglichen sein kann.

Das Intervall 1.0 bis 2.4 mm weist im April bei allen Orten entweder das Haupt- oder Nebenmaximum auf. Es handelt sich hierbei also um Niederschlagssummen, die fast durchweg in diesem Monat ihre größte Häufigkeit infolge der gleichen Wetterauswirkung aufweisen. Die Minima verteilen sich dagegen auf verschiedene Monate.

Das Intervall 2.5 bis 4.9 mm hat eine größere Streuung, weil Tagessummen dieser Klasse nur Randeffekte von Niederschlägen geringerer (1.0 bis 2.4 mm) und größerer Ergiebigkeit (mindestens 5.0 mm) darstellen.

Tagessummen des Niederschlags von 5.0 bis 9.9 mm treten im Sommer am häufigsten auf (April bis August), während im Februar an vielen Orten geringe Häufigkeiten zu verzeichnen sind.

Im Juni und Juli erreicht das Intervall 10.0 bis 24.9 mm die größte Häufigkeit; auch bei diesen Intensitäten fällt wieder das Minimum meistens auf den Februar.

Große Tagessummen des Niederschlags, mit Beträgen von 25.0 bis 49.9 mm, treten sowohl im Sommer infolge der gewittrigen Schauer als auch im Winter infolge ausgiebiger Stauniederschläge auf, dann vor allem in den höheren Lagen des Schwarzwaldes. Am seltensten fallen Niederschläge dieser Summen vom Spätwinter bis zum Frühsommer.

Die geringe Zahl der Fälle mit Tagessummen von mindestens 50.0 mm reicht zur Betrachtung des mittleren Jahresganges nicht aus.

Abschließend sei noch kurz auf die Häufigkeit der Zahl der Tage ohne jeglichen Niederschlag, also auch ohne die Tage mit 0.0 mm, eingegangen. Diese Zahl läßt sich aus Zahlentafel IX, durch Subtraktion der Gesamtsumme von 1000, berechnen. Abgesehen von Bubenbach, das einen relativ großen Anteil der ganz geringen Tagessummen aufweist, stellt sich im September allgemein die größte Wahrscheinlichkeit für trockene Tage mit etwa 53 bis 57% aller Tage ein. Läßt man ferner die im allgemeinen bedeutungslosen geringen Tagessummen außer Betracht, so erhöht sich dieser Wert noch wesentlich. Aber auch im Februar haben manche Orte häufig trockene Tage (50 bis 59% aller Tage).

Die geringste Anzahl der trockenen Tage verzeichnet im allgemeinen der April; sie erscheinen dann meistens an etwa 41 bis 46% aller Tage.

Die Häufigkeitsdarstellung für das Jahr in Abb. 4 gleicht die örtlichen Besonderheiten der Monatsverteilungen aus, ohne aber die wesentlichen Züge zu verwischen. In Todtmoos dominiert das Intervall 10.0 bis 24.9 mm im Jahresmittel eindeutig mit knapp 13% aller

Tage, doch erscheint wieder angedeutet der Nebengipfel in der Klasse 1.0 bis 2.4 mm. In Titisee hat sich der häufigste Wert auf das Intervall 5.0 bis 9.9 mm verschoben, ebenfalls mit einem Nebenscheitelwert bei 1.0 bis 2.4 mm. Titisee bildet den Übergang zu Bonndorf, das einen breiten Häufigkeitsgipfel zwischen 1.0 und 9.9 mm aufweist. Die Gänge zwischen diesen beiden Orten ähneln sich sehr, nur verzeichnet Bonndorf eine etwas geringere Häufigkeit der einzelnen Intervalle (s. 2.1.2.1.) und damit auch eine geringere Niederschlagssumme (s. 2.1.1.1.).

2.1.2.4. Schwankungen der Niederschlagshäufigkeit

Wie bereits unter 2.1.1.5. ausgeführt, ist der Niederschlag zeitlichen Änderungen unterworfen, die in den einzelnen Monaten sowohl im Betrag als auch im Vorzeichen stark voneinander abweichen können (s. 2.1.1.5.1.). Diese Schwankungen stellen sich nicht nur bei den Summen, sondern auch bei den Niederschlagshäufigkeiten ein. Die folgenden Betrachtungen sollen kurz Art und Ausmaß dieser Schwankungen aufzeichnen.

Ein Mittel zur Darstellung der Schwankungen liefern die Lustrenmittel (Fünfjahresmittel) der Zahl der Tage mit Niederschlag von mindestens 1.0, 2.5 und 10.0 mm, die in Abb. 5 wiedergegeben sind. Wenn auch unter 2.1.2.1. nur die Mittelwerte des Zeitraumes 1911—1940 betrachtet wurden, so scheint es doch zweckmäßig, von wenigen langen Reihen die Lustrenmittel seit 1891 zu verwenden, um damit auch einen Vergleich zu den Änderungen der Niederschlagssummen (s. 2.1.1.5.1.) zu ermöglichen. Infolge der Beobachtungslücken im Jahre 1945 ist das betr. Lustrum auf 1941 bis 1944 verkürzt. Andererseits fehlen von Bonndorf

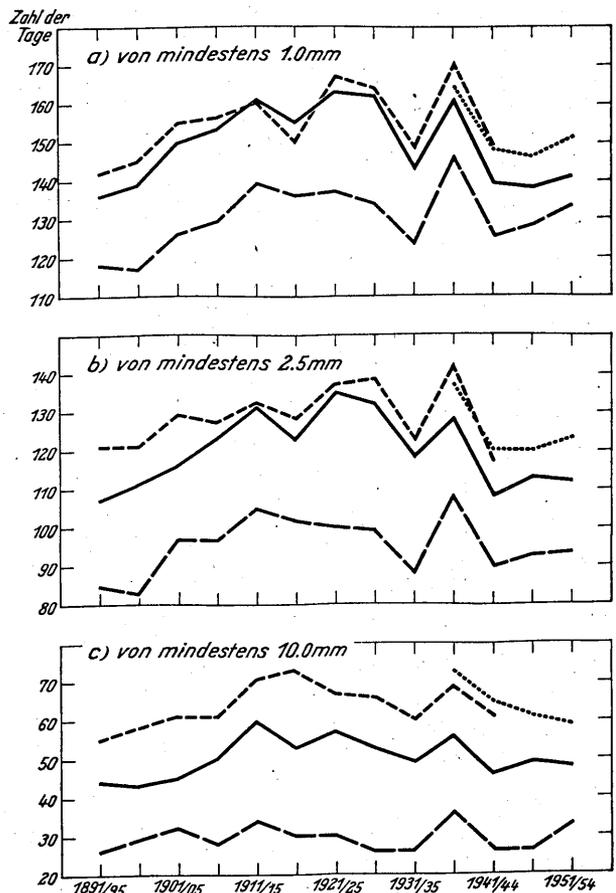


Abb. 5
Lustrenmittel der Zahl der Tage mit Niederschlag
Zeitraum: 1891—1954
— Bernau — — Bonndorf Segeten — — — Todtmoos

die Beobachtungen des Jahres 1946, so daß bei diesem Ort das Lustrum 1946 bis 1950 nur den Mittelwert der Jahre 1947 bis 1950 enthält, ohne dies in der Abbildung besonders zu kennzeichnen. Das abschließende Lustrum erfaßt nur die Jahre bis 1954. Da in Todtmoos die Beobachtungen nach 1945 zunächst nicht mehr aufgenommen wurden, erfolgt der Anschluß der Werte von Segeten, das ähnliche Mittelwerte (s. Zahlentafel V bis VII) aufweist. Zum Vergleich laufen die Angaben in 2 Lustren parallel. In der Anzahl der Tage mit Niederschlagssummen unter 10.0 mm bestehen kaum Unterschiede, während die größeren mittleren Niederschlagssummen in Segeten vor allem durch die größere Häufigkeit der Tagessummen von mindestens 10.0 mm verursacht werden.

Die mittlere Zahl der Tage mit Niederschlag von mindestens 1.0 mm erreicht in den Lustren von 1911 bis 1940 die größten Werte, während die Niederschlagshäufigkeit in den Jahren davor und danach, also auch in den letzten Jahren, um etwa 10 Tage geringer ist. Diese Abweichungen weisen örtlich größere bzw. kleinere Beträge auf. Besonders markant fällt das Lustrum 1936 bis 1940 mit einer großen Niederschlagshäufigkeit gegenüber den beiden trockeneren benachbarten Lustren auf. Diese Erscheinung ist auch bei Untersuchungen von Lustrenmitteln der Jahressummen des Niederschlags in anderen deutschen Gebieten festzustellen.

Ähnliche Verhältnisse liegen für die Zahl der Tage mit mindestens 2.5 mm vor, die ebenfalls in dem unter 2.1.2.1. verwendeten Zeitraum 1911—1940 die größte Niederschlagshäufigkeit erreichen. Das Gesamtmittel 1891 bis 1954 würde daher auch kleiner ausfallen. Die Niederschlagshäufigkeit nach 1940 ist im Mittel der betrachteten Orte um etwa 10 Tage abgesunken; da aber die mittleren Jahressummen des Niederschlags praktisch unverändert bleiben (s. 2.1.1.5.1.), hat also die Ergiebigkeit der stärkeren Niederschläge zugenommen.

Die vorstehend beschriebene Tendenz der Schwankungen ist bei den Tagen mit mindestens 10.0 mm weniger gut erkennbar, da das Kollektiv zu klein ist. Die Gegensätze zwischen den Jahren von 1911 bis 1940 mit großer Niederschlagshäufigkeit und den Vor- bzw. Nachjahren mit geringer Häufigkeit zeigen sich am stärksten in den niederschlagsreicheren Gebieten (Todtmoos/Segeten, Bernau), während in Bonndorf die Kurve um den Mittelwert (30 Tage) pendelt.

Nach Abb. 5 muß also bei der Betrachtung der Niederschlagshäufigkeit des Zeitraumes 1911—1940 berücksichtigt werden, daß die unter 2.1.2.1. angegebenen Mittelwerte im allgemeinen gegenüber einer Ausdehnung des Zeitraumes bis zur Gegenwart etwas zu hoch sind.

Neben den Änderungen der Niederschlagshäufigkeit anhand der Lustrenmittel ist noch zu klären, ob derartige Änderungen auch bei den Intervallen der Tagessummen, deren mittlere Verhältnisse unter 2.1.2.3. (s. auch Zahlentafel IX, Abb. 4) beschrieben wurden, zu finden sind. Zur Verfügung stand der Zeitraum 1890 bis 1939. Der Umfang des Materials erlaubt nur eine Zusammenfassung nach Dezennien; es liegen im Einzelmonat dann etwa 300 Fälle je Dezennium vor, von denen etwa die Hälfte zu den Tagen ohne jeglichen Niederschlag zählen. Diese Werte schwanken natürlich in den einzelnen Dezennien, doch bleiben pro Dezennium etwa 150 Tage mit Niederschlag übrig, die sich auch auf die 10 festgelegten Intervalle verteilen. Die Häufigkeiten in den einzelnen Klassen bleiben daher relativ gering, so daß die Unterschiede in der Häufigkeit der einzelnen Intervalle in den verschiedenen Dezennien vielfach auf die Streuung des Elementes zurückzuführen sind. In Bonndorf und Titisee heben sich entsprechend den Verhältnissen bei den

mittleren Dezenniensummen des Niederschlags (s. Abb. 3, Abschnitt 2.1.1.5.2.) und den Lustrenmitteln der Zahl der Tage mit Niederschlag (s. Abb. 5, Abschnitt 2.1.2.4.) die Dezennien 1890 bis 1899 und 1900 bis 1909 durch sehr geringe Werte deutlich ab. In diesen Zeitraum fallen auch an beiden Orten fast in allen Monaten relativ häufig Tagessummen des Niederschlags von 0.1 bis 0.2 mm.

Anhand der Dezennienwerte wurde noch untersucht, wie oft bei den 3 Orten, deren Mittelwerte in Abb. 4 dargestellt sind, ein Doppelgipfel in der Verteilungskurve zu finden ist (z. B. April: Titisee, Todtmoos), wobei die Werte von weniger als 1.0 mm nicht berücksichtigt wurden. Nach diesem Material erscheinen Doppelgipfel in etwa 50% aller Fälle. Im Abschnitt 2.1.2.3. wurde darauf hingewiesen, daß Tagessummen des Niederschlags von 2.5 bis 4.9 mm in mehreren Monaten seltener als die beiden Nachbarintervalle auftreten. Aus dem Grunde wurden die Doppelgipfel darauf untersucht, wie häufig das Intervall 2.5 bis 4.9 mm in den einzelnen Dezennien eine geringere Häufigkeit als die Nachbarintervalle verzeichnet. Die Durchsicht der Monate, in denen dies im Mittel eintritt, ergibt etwa 80% aller Fälle mit Doppelgipfel und zeigt damit, daß Tagessummen des Niederschlags dieser Klasse im Vergleich zu den geringeren bzw. größeren Summen allgemein seltener fallen. Dies besagt, daß die Tagessummen des Niederschlags vermutlich 2 spezifisch verschiedenen Wettervorgängen entstammen; eine besondere Untersuchung darüber ist vorgesehen.

Die jährliche Wahrscheinlichkeit der einzelnen Intervalle weist in den verschiedenen Dezennien natürlich eine geringere Streuung auf, da das Kollektiv den zwölffachen Umfang hat. Eine auffallend geringe Abweichung der Dezennienwerte ist in Bonndorf festzustellen. Etwas größer, aber noch relativ gering, fällt die Streuung in Todtmoos aus; alle Dezennien zeigen einen ausgeprägten Gipfel im Intervall 10.0 bis 24.9 mm (s. Abb. 4). In Titisee dagegen schwanken die Werte in den verschiedenen Dezennien stärker; es ändert sich dabei auch der typische Kurvenverlauf. Dort vollzieht sich der Übergang von den Stationen mit ausgeprägten Leewirkungen auf der Ostabdachung zu denen auf den Höhen des südlichen Schwarzwaldes, aber in den verschiedenen eingeschnittenen Tälern — je nach deren Lage — unterschiedlich; im Wechsel der Jahre ergibt sich eine stärkere Zugehörigkeit bald zu dem einen, bald zu dem anderen Typ. Dies erklärt die größere und typenmäßige Streuung der Dezennienwerte.

Eine allgemeine Tendenz der Dezennienwerte ist bei den drei verwendeten Orten nicht festzustellen. Nach den Werten von Bonndorf und Todtmoos ähneln sich sehr die beiden Dezennien 1920 bis 1929 und 1930 bis 1939, dies trifft jedoch nicht bei Titisee zu. In Bonndorf und Titisee hat das Dezennium 1890 bis 1899 die größte Häufigkeit an Niederschlägen mit Tagessummen von 0.1 bis 0.2 mm.

2.1.3. Größte Tagessummen des Niederschlags

Eine Ergänzung des Abschnittes 2.1.2.3. bilden die größten Tagessummen des Niederschlags. Hierbei handelt es sich um die — an verschiedenen Orten oft an verschiedenen Tagen festgestellten — Extremwerte der einzelnen Monate. Die Angaben enthalten nur die Niederschlagssummen, die in der Zeit von 7 Uhr des Vortages bis 7 Uhr des Messungstages gefallen sind. Die Intensität der einzelnen stärkeren Niederschläge ist daraus also nicht zu entnehmen, da die Summen sowohl in wenigen Minuten (Starkregenfall) als auch im Verlauf des gesamten Tages (Dauerregen) aufgetreten sein können. Angaben über die Intensität von Stark-

regenfällen enthält die Arbeit von F. Reinhold (55), auf die besonders verwiesen wird.

2.1.3.1. Mittelwerte

Die mittleren größten Tagessummen des Niederschlags, gebildet durch die Mittelung der größten Summen in den einzelnen Monaten, sind in Zahlentafel X zusammengestellt. Da nur wenige Stationen im Zeitraum 1891—1940 durchgehend beobachteten, sind auch einige Orte mit kürzeren Reihen aufgenommen unter Angabe des betreffenden Zeitraumes.

Aus der Mittelung der größten Tagessummen der einzelnen Jahre entstehen die mittleren größten jährlichen Tagessummen, die im Untersuchungsgebiet etwa zwischen 40 und 80 mm liegen. Diese Werte zeigen in der Regel eine enge Beziehung zu den mittleren Jahressummen des Niederschlags (s. Zahlentafel I, Abschnitt 2.1.1.1.), wobei im räumlichen Mittel ein Ansteigen der mittleren größten Tagessumme des Jahres um 10 mm bei einer Zunahme der mittleren Jahressumme um 300 mm erfolgt (Ausgangspunkt: 600 mm mittlere Jahressumme und 30 mm mittlere größte Tagessumme). In Einzelfällen können hiervon Abweichungen eintreten, wie z. B. in Bonndorf.

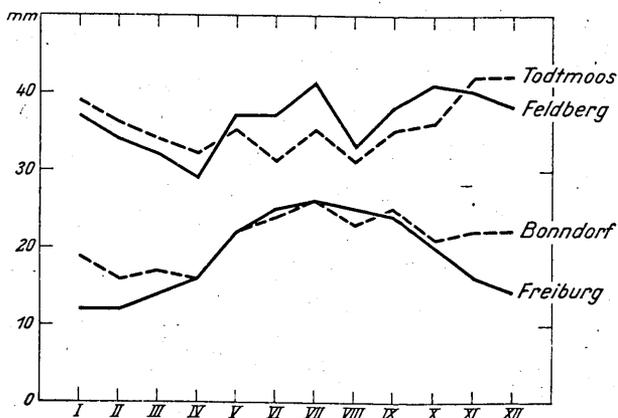


Abb. 6.

Mittlere größte Tagessummen des Niederschlags von Freiburg, Bonndorf, Todtmoos, Feldberg
Zeitraum: 1891—1940

Den Jahresgang der mittleren größten Tagessummen des Niederschlags zeigt Abb. 6 für die Orte Freiburg, Bonndorf, Todtmoos und Feldberg. Dabei sind die Werte des Feldberges aus den Beobachtungen des Gipfels und des Feldberger Hofes zusammengesetzt, da beide Stationen nicht durchgehend beobachteten. Die derart gebildete Beobachtungsreihe mit der Benennung „Feldberg (kombiniert)“ ist nur als Näherung aufzufassen, da zwischen beiden Stationen infolge der unterschiedlichen Höhenlage und Exposition zu den regenbringenden Luftströmungen trotz der relativ geringen räumlichen Entfernung Unterschiede in den Niederschlagsverhältnissen bestehen.

Einen ausgeprägten Sommerregentyp finden wir in den niederen Lagen im Lee (Donaueschingen) sowie in den Gebieten mit sommerlichen Stauniederschlägen am westlichen Rand des Schwarzwaldes (Freiburg, Obermünstertal). Mit Zunahme der Niederschlagssummen in den höheren Lagen des Schwarzwaldes setzt die Dominanz der winterlichen Niederschläge ein (s. 2.1.1.4.), die besonders ausgeprägt bei Todtmoos in Erscheinung tritt. Die anderen Stationen weisen einen Übergang zwischen den beiden Haupttypen auf; je nach der örtlichen Lage herrschen die Winter- oder Sommer-niederschläge vor oder entsprechen einander.

2.1.3.2. Extremwerte

In Zahlentafel XI sind die größten Tagessummen des Niederschlags für verschiedene Orte zusammengestellt. Ein direkter Vergleich der Werte untereinander ist nur bedingt möglich, weil die einzelnen Beobachtungsreihen in der Dauer doch beachtliche Unterschiede aufweisen. Auch dürfen diese Extremwerte nicht überbewertet werden, da die Bildung oftmals von Zufälligkeiten abhängt; eine räumliche Zusammenfassung wie bei den daraus gebildeten Mittelwerten ist deshalb nicht möglich.

Einzelne Reihen liegen auch hier nicht durchgehend vor und mußten daher besonders gekennzeichnet werden (m. U. = mit Unterbrechungen). Sofern in den fehlenden Monaten Niederschlagssummen anzunehmen sind, welche die größte Tagessumme des Niederschlags der gesamten Reihe des Monats übertreffen, ist der betreffende Höchstwert der Reihe in Klammern gesetzt.

Vor allem in den niederschlagsreichen Gebieten des südlichen Schwarzwaldes sind Tagessummen des Niederschlags von mehr als 100 mm keine Seltenheit, die dazu in allen Monaten — wenn auch mit unterschiedlicher Wahrscheinlichkeit — auftreten können.

Über die räumlichen Unterschiede in der Häufigkeit stärkerer Niederschläge liegen Arbeiten von J. Huttary (27) und G. Zimmermann (84) vor. Dabei fand Huttary, der die Tagessummen von mindestens 50.0 mm anhand der Beobachtungen der Jahre 1934 bis 1941 untersuchte, daß diese Tagessummen besonders vom Durchgang scharf ausgeprägter Fronten, von Gewittern, von intensiven Aufgleitvorgängen sowie von Schleifzonen abhängen. Sehr viele derartig große Tagessummen verzeichnete das Jahr 1940.

Zimmermann dagegen bearbeitete die Häufigkeit von Wolkenbrüchen, gekennzeichnet durch die Zahl der Tage mit mindestens 100 mm Tagessumme. Der Zeitraum 1934 bis 1940 entspricht ungefähr dem der Arbeit von Huttary. Innerhalb des Schwarzwaldes, der eine besondere Häufung erkennen läßt, heben sich der Nord- und Südteil hervor, während der Mittelteil — im Lee der Vogesen — innerhalb des betrachteten Zeitraumes keine Fälle aufweist. Etwa die Hälfte aller Tage mit Wolkenbrüchen ist an das Auftreten von Gewittern gekoppelt. Strömungen aus Westen bis Norden sowie Stauerscheinungen, Frontdurchgängen und Kaltluft-tropfen sind die wesentlichsten Voraussetzungen für die Auslösung.

2.1.4. Trocken- und Naßperioden

Für die Bedürfnisse der Wasser- und Landwirtschaft haben Auszählungen der Trocken- und Naßperioden besondere Bedeutung, vor allem im Hinblick auf die schädlichen Auswirkungen bei längerer Dauer und häufigen Wiederholungen. Bei der Auszählung dieser Angaben, die leider nicht maschinell vorgenommen werden kann, fanden folgende Definitionen Anwendung:

- a) Trockenperiode: Tage mit Niederschlag von 0.1 und 0.2 mm gelten noch als trocken. Innerhalb einer Trockenperiode von mindestens 5 Tagen darf eine Tagessumme von 0.3 bis 0.5 mm einmal vorkommen, innerhalb von mindestens 10 Tagen einmal eine von 0.6 bis 0.9 mm. Dagegen wird eine Trockenperiode in jedem Fall von einer Tagessumme mit mindestens 1.0 mm beendet. Eine Trennung dieser Grenzbedingungen ist in Texttabelle 8 bzw. Zahlentafel XII nicht vorgenommen.

b) Naßperiode: Eine mindestens 5tägige Naßperiode wird durch eine Tagessumme von 0.2 mm nicht unterbrochen, nur durch einen Tag mit höchstens 0.1 mm.

Diese Perioden wurden dem Monat zugeordnet, in dem das Zentrum lag.

Die Andauerzeiten der Trocken- und Naßperioden sind bei den Orten Bernau, Bonndorf und Todtmoos für den Zeitraum 1912 bis 1944, bei Titisee für 1912 bis 1942 ausgezogen worden. Die mittlere Dauer der

Trocken- und Naßperioden enthält die folgende Tabelle, wobei die Werte monatsweise aufgegliedert sind.

Die Unterschiede zwischen den 4 Orten sind bei den Trockenperioden am geringsten, während bei den Naßperioden im Januar, Februar und Mai die größten räumlichen Unterschiede auftreten. In den anderen Monaten zeigen auch diese Perioden kaum räumliche Unterschiede. Es muß bei der Betrachtung der einzelnen Werte berücksichtigt werden, daß das Kollektiv infolge der weitgehenden Unterteilung eine größere Streuung aufweist.

Tab. 8
Mittlere Dauer (in Tagen) von Trocken- (T) und Naßperioden (N)

Ort	Bernau		Bonndorf		Titisee		Todtmoos	
	1912-44		1912-44		1912-42		1912-44	
Zeitraum	T	N	T	N	T	N	T	N
Januar	3.4	3.7	3.5	3.3	3.6	3.7	3.6	4.5
Februar	4.5	3.7	4.2	2.9	4.4	3.1	4.1	3.7
März	4.2	3.8	4.3	3.4	3.8	3.5	4.2	3.5
April	3.3	3.6	3.3	3.2	3.0	3.8	3.7	3.9
Mai	2.7	3.0	3.0	2.6	2.9	3.2	3.3	3.5
Juni	2.9	3.2	3.2	3.0	2.9	3.3	3.1	3.2
Juli	2.9	2.9	3.0	2.7	2.9	2.9	2.8	3.2
August	3.8	3.0	3.6	2.9	3.2	3.1	3.8	3.0
September	4.2	3.5	4.1	2.8	4.2	3.1	4.1	3.4
Oktober	4.5	3.6	4.4	3.1	4.1	3.6	4.5	3.3
November	4.1	3.4	4.3	3.2	4.6	3.2	4.1	3.3
Dezember	4.2	3.7	4.4	3.3	4.3	3.4	4.3	3.5

Bei den Trockenperioden pflegen die größten Werte im Oktober einzutreten, während das Minimum im Jahresgang auf die Monate Mai bis Juli fällt.

Naßperioden sind am häufigsten in den Monaten Januar, März und April zu erwarten, am seltensten in den Monaten Mai, Juli und August.

Neben den Mittelwerten interessieren Angaben darüber, aus welchen Periodenlängen sich diese Werte zusammensetzen. Einen Überblick vermittelt Zahlentafel XII, in der die Anzahl der Fälle von Trocken- und Naßperioden mit 1 bis 5, 6 bis 10, 11 bis 15, 16 bis 25 und mehr als 25 Tagen angegeben ist. Die große Veränderlichkeit der sommerlichen Witterung kommt in der mittleren Anzahl der Trocken- und Naßperioden von 1 bis 5 Tagen zum Ausdruck, die beide in den Monaten Mai bis Juli das Maximum ihrer Häufigkeit im Jahresgang erreichen. Die geringsten Werte dieser Periodenlänge treten bei beiden Auszählungen im Februar auf, dem sich bei den Trockenperioden noch die Monate März, Oktober und Dezember zugesellen, bei den Naßperioden dagegen nur der November.

Bei den Perioden von 6 bis 10 Tagen ist diese Übereinstimmung in den Maxima und Minima des Jahresganges nicht festzustellen. Infolge der größeren Länge ergeben sich umgekehrte Verhältnisse: Dem Maximum der Trockenperioden im März entspricht ein Minimum der Naßperioden im gleichen Monat, sowie dem Minimum der Trockenperioden im Januar ein Maximum der Naßperioden. Es gibt aber Monate, die eine derartige Beziehung nicht aufweisen. So erscheinen bei den Trockenperioden noch größere Werte in den Monaten September und Oktober sowie geringere im Februar, bei den Naßperioden ein Nebenmaximum im April und ein Minimum im Dezember.

Da Perioden von 11 bis 15 Tagen schon seltener auftreten, ist die Streuung der Werte auch größer; dennoch lassen sich folgende Monate finden, die fast bei allen Stationen Extremwerte verzeichnen:

Trockenperioden: Maximum im Oktober und Februar, Minimum vom April bis Juni.

Naßperioden: Maximum im Dezember, Minimum im November.

Auch bei den Perioden von 16 bis 25 Tagen fällt auf, daß die Zeit vom Frühjahr bis Frühsommer nur selten von langen Trockenperioden ausgefüllt ist. Die — in Trockenzeiten nur vereinzelt — auftretenden Schauer bewirken summenmäßig doch eine — wenn auch nur kurze — Unterbrechung der Trockenheit und spalten damit die Trockenzeiten statistisch in eine Aufeinanderfolge von Trockenperioden kürzerer Dauer (s. 1 bis 5 Tage) auf. Die geringere Häufigkeit der längeren Trockenperioden ist infolge der Definition statistisch nur „vorgetäuscht“. So erscheint das Minimum der Trockenperioden von 16 bis 25 Tagen in den Monaten April, Mai und Juli, das Maximum dagegen im Dezember und Februar. Bei den Naßperioden liegt das Maximum im März, das Minimum in den Monaten Februar und Juli. Die Unterschiede zwischen den einzelnen Monaten sind aber bei diesen Schwellenwerten schon relativ gering, so daß die Angaben recht unsicher sind. Aus dem Grunde kann auch bei den Perioden von mindestens 26 Tagen kein Jahresgang mehr angegeben werden.

Alle Angaben lassen die Unbeständigkeit der sommerlichen Witterung deutlich erkennen. Dennoch gibt es kürzere Zeitabschnitte, die häufig regenärmer sind. Nach H. Aichele (1) besteht in Baden eine große Wahrscheinlichkeit dafür, daß regenarme Perioden in

folgenden Zeitabschnitten häufiger auftreten: Ende April, Mitte Mai, Beginn der 2. Junihälfte, Mitte bis Ende Juli, nach dem 20. August, nach dem 20. September und Anfang Oktober.

Nach den Unterlagen des zur Verfügung stehenden Zeitraumes 1912 bis 1944 erfolgte im Dezennium 1931 bis 1940 eine Zunahme der Perioden von 1 bis 5 Tagen im Dezember sowohl bei den Trocken- als auch bei den Naßperioden sowie im April bei den Naßperioden. Andere Änderungen sind nicht festzustellen.

Die längsten Trockenperioden (mit vereinzelt Tagesniederschlägen innerhalb der definitionsmäßig festgelegten Grenzen) verzeichneten folgende Monate (Zentrum der Periode) bei den einzelnen Orten:

Todtmoos: 36 Tage Oktober 1943, 34 Tage Oktober 1920, 30 Tage Dezember 1933, 29 Tage November 1921 und 28 Tage April 1933.

Titisee: 33 Tage Februar 1917, 30 Tage November 1924, je 28 Tage November 1920 und 1921 sowie Februar 1929.

Bonndorf: je 29 Tage November 1920 und Oktober 1921, 27 Tage November 1924.

Bernau: 37 Tage Oktober 1943, 29 Tage November 1920, 27 Tage November 1924.

Außerhalb des betrachteten Zeitraumes 1912 bis 1944 sind noch die Trockenperioden von März bis Anfang Mai 1893 (45 Tage) und im Juni/Juli 1949 (33 Tage) besonders erwähnenswert.

Auf folgende Monate und Jahre verteilen sich die längsten Naßperioden:

Todtmoos: 28 Tage Januar 1917, 27 Tage März 1914.

Bonndorf: 26 Tage Oktober 1939.

Bernau: 27 Tage März 1917.

Häufigkeit und Länge der extremen Naßperioden waren also geringer als die der Trockenperioden. Die besonders langen Trockenperioden traten vor allem in den niederschlagsreichen Gebieten des Südschwarzwaldes auf, waren dagegen im „trockeneren“ Bonndorf unter den vier betrachteten Orten am seltensten zu finden. Gemeinsam hatten fast alle Orte nur die extremen Trockenperioden im November 1920 und November 1924, die anderen Daten beziehen sich auf kleinräumige Erscheinungen.

2.1.5. Betrachtung einzelner Hochwasserlagen

Eine gewisse Unterlage für die Betrachtung von Hochwasserlagen bilden die extremen Tagessummen (s. 2.1.2.3. und 2.1.3.2.); kann doch schon ein einzelner Wolkenbruch eine schnell ablaufende Hochwasserwelle verursachen. Meistens sind aber für die Entstehung eines Hochwassers mehrere Faktoren ausschlaggebend, wobei den Verhältnissen der Vortage eine besondere Bedeutung zukommt. Im allgemeinen wird ein Hochwasser vorbereitet durch niederschlagsreiche Tage und besondere Verhältnisse im Bodenzustand (z. B. hohe Bodenfeuchtigkeit, keine Versickerung infolge Bodenfrost). Die Niederschlagsmengen, die am Tage des größten Abflusses bzw. am Vortag fallen, sind sehr unterschiedlich. Es kann daher im allgemeinen kein fester Grenzwert der Niederschlagssumme angegeben werden, nach dessen Überschreiten Hochwasser eintritt; es sei denn, man wählt einen sehr hohen Betrag, der aber nur in wenigen Fällen erreicht wird und unter dem der größte Teil aller Fälle mit Hochwasser liegt, dem also praktisch kaum Bedeutung zukommt.

Es ist nicht Aufgabe dieses Gutachtens, alle meteorologischen Voraussetzungen zu erarbeiten, unter de-

nen im Gebiet des südlichen Schwarzwaldes Hochwasser eintreten kann. An dieser Stelle sollen aber kurz die meteorologischen Verhältnisse von je drei charakteristischen Hochwasserwellen beschrieben werden, die nach der Schrift des Schluchseewerkes (62) in den Jahren nach 1932 für das Wutachgebiet und in den letzten 20 Jahren im Murg-, Ibach- und Wehra-Gebiet festgestellt wurden.

Wutach-Gebiet

Hochwasser vom 8. 11. bis 27. 11. 1944:

In den Tagen vom 7. bis 9. 11. 1944 ist eine Westwetterlage bestimmend. Ein Sturmtief wandert in dieser Zeit von der Nordsee zur mittleren Ostsee, zieht dann nach Nordwesten bis Schweden und bildet sich zu einem Zentraltief um. Am 7. 11. erstreckt sich die Warmfront von Kiel bis zum Schwarzwald, weiter westlich folgt die Kaltfront. Beide Fronten verursachen einen starken Dauerregen, der im südlichen Schwarzwald Beträge von 50 bis 105 mm erreicht (gemessen am 8. 11.), und ziehen ostwärts ab. Am 8. 11. folgt von Westen bereits eine neue Wellenstörung mit Aufgleitniederschlägen von 30 bis 70 mm nach. Diese Welle führt auf der Rückseite Kaltluft aus Nordwesten heran. Die hohen Niederschläge bedingen das hohe Tagesmittel des Abflusses der Wutach von 108.0 cbm/sec am 9. 11. beim Pegel Stallegg.

Das Wetter der Tage vom 10. bis 15. 11. wird durch das Zentraltief über der mittleren Ostsee bestimmt, das weitere Kaltluft mit Schneefall aus Nordwesten nach Deutschland einströmen läßt. Dabei verlagert sich das Tief über die Deutsche Bucht nach England und Frankreich, wo es sich langsam auffüllt. Die in der Kaltluft eingelagerten Konvergenzen rufen zahlreiche Niederschläge hervor, die aber summenmäßig nicht an die der ersten Tage heranreichen.

Die Tage vom 17. bis 20. 11. werden wettermäßig bestimmt durch hohen Luftdruck über Süddeutschland, so daß die vom Westen kommenden Störungen über Norddeutschland nach Osten ziehen und den Südraum nicht beeinflussen.

In der Zeit vom 21. bis 27. 11. setzt sich aber wieder die Westwetterlage, verbunden mit Schneeschmelze, durch. Vom 20. zum 21. 11. wandert ein Tiefdruckgebiet von England zur mittleren Ostsee und schwenkt die zugehörige Kaltfront sowie einen Trog über Deutschland hinweg nach Osteuropa. Hierbei treten vor allem im Gebirge Stauniederschläge auf. Der Folgetag zeichnet sich durch geringe Niederschläge auf der Rückseite dieser Störung aus. Aber bereits am 23. 11. verursacht die ostwärts ziehende Warmfront eines Faröer-Tiefs erneut ausgedehnte Hebungsniederschläge; als mit der Ostverlagerung des ganzen Strömungssystems am 24. 11. die Rückseitenkaltluft in Deutschland einbricht, fallen im Schwarzwald — durch Stau verstärkt — Niederschlagsmengen von 40 bis 110 mm. Weitere ergiebige Niederschläge (10 bis 90 mm) bringt der 25. 11., an welchem die Warm- und die Kaltfront einer neuen Störung den Schwarzwald überqueren.

In den beiden letzten Tagen des gesamten Zeitraumes klingt die Wirksamkeit der eingeflossenen Kaltluft durch den Aufbau eines flachen Hochdruckgebietes über Süddeutschland ab, so daß am 27. 11. 1944 nur noch vereinzelt Niederschläge gemessen werden.

Die Niederschlagssummen dieses Zeitraumes für eine Auswahl von Orten enthält Abb. 7. Um die Summen der Orte direkt vergleichen, aber auch die Gesamtmenge des Zeitraumes überblicken zu können, sind die Werte als Summenkurve wiedergegeben. Die am 8. 11. eingetragenen Werte stellen also die vom 7. 11., 7 Uhr

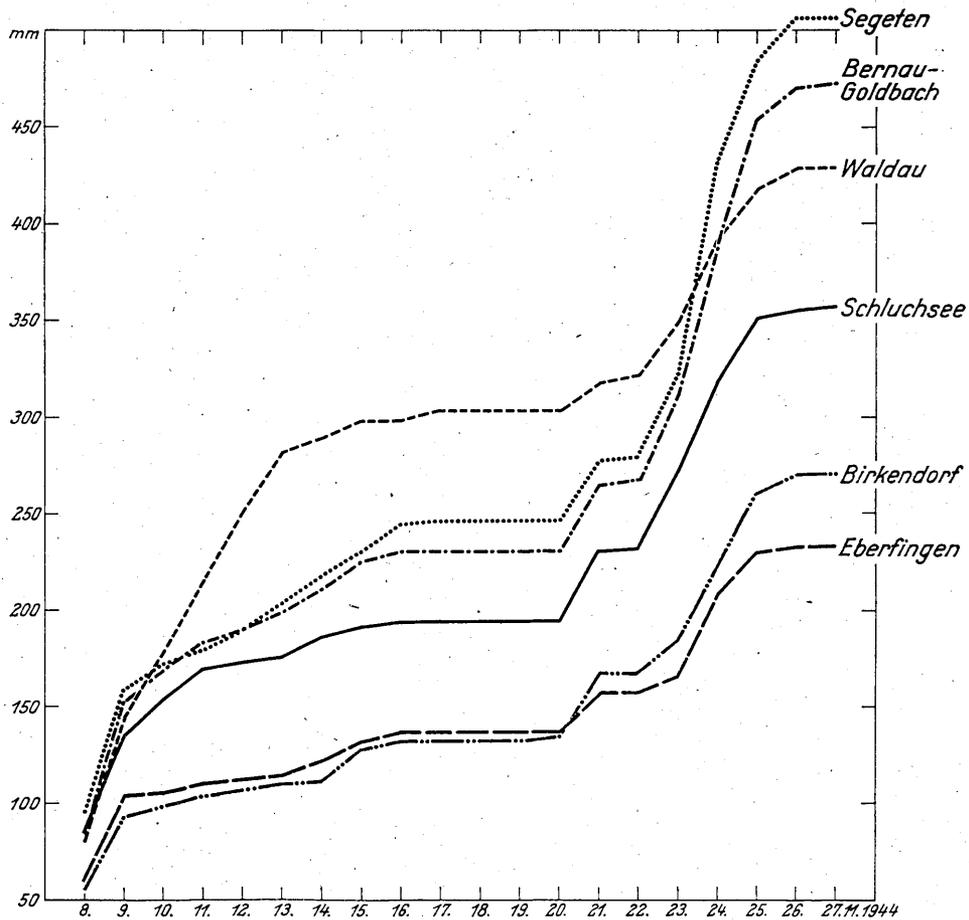


Abb. 7
Tagessummen des Niederschlags (mm) vom 8. 11. — 27. 11. 1944

bis zum 8. 11., 7 Uhr gefallen Niederschlagssummen dar. Die Steilheit der Kurven bildet ein Maß für die Zunahme der Niederschlagssummen. Die einzelnen Tageswerte sind der Differenz zweier Tage zu entnehmen. Bemerkenswert ist das starke Ansteigen der Niederschläge in Waldau, also im nördlichen Einzugsgebiet der Wutach, in den Tagen vom 10. bis 13. 11., während die anderen Orte nur einen geringen Anstieg verzeichnen. Dennoch erreicht dieser Ort nicht die größte Endsumme des Zeitraumes, weil die ergiebigen Niederschläge im Hotzenwald nach dem 23. 11. die Differenz nicht nur ausgleichen, sondern noch übertreffen. Deutlich erkennbar ist in der Abbildung der Hochdruckeinfluß vom 16. bis 20. 11. Die Endsummen variieren im Untersuchungsgebiet auch in diesem Einzelfall beträchtlich. So erreicht Eberfingen im „trockeneren“ Wutachtal 232 mm, während Segeten knapp 507 mm aufweist.

Hochwasser vom 27. 12. bis 31. 12. 1947:

Die etwa seit Mitte des Monats bestehende Westdrift bildet die Voraussetzung und die Ursache für das Hochwasser am Monatsende, bei dem in der Wutach am Pegel Stallegg der Spitzenwert im Abfluß von 130.0 cbm/sec am 29. 12. 1947 auftritt. Eine ausführliche Beschreibung dieses Hochwassers ist in der Arbeit von A. F ö g e (16) enthalten.

Am 26. 12. 1947 befindet sich morgens ein Randtief im Berliner Raum mit einer zugehörigen Kaltfront über Nürnberg zum Bodensee. Am Folgetag erscheint ein neues Tief westlich von Schottland, das extrem warme Meeresluft heranführt. Als die Warmfront bis Ostfrankreich vorgedrungen ist, erfassen die starken Aufgleitniederschläge bereits das westliche Süddeutschland; in den höheren Lagen des Schwarzwaldes

fällt Schnee, während in den niederen Lagen Tauwetter herrscht. Bis zum 28. 12. morgens ist die Warmfront dieses Tiefs, das sich inzwischen bis zur Nordsee verlagert hat, nach Osten über Deutschland hinweggezogen; an der zugehörigen Kaltfront bilden sich dagegen einzelne Wellen aus. Dadurch entwickelt sich auf der Linie Prag — Frankfurt/Main — Paris eine Schleifzone, die besonders im Maingebiet zu ergiebigen Niederschlägen (z. Teil 80 bis 100 mm) Anlaß gibt und bei gleichzeitiger Schneeschmelze dort zu Hochwasser führt. Am Morgen des 29. 12. verläuft die Schleifzone in Südwest-Nordost-Richtung über den Schwarzwald mit einer Welle im Raum Prag, einer anderen im Raum Dijon; ein breites Dauerregenband längs der Zone bringt dem Schwarzwald und dem Odenwald Tagessummen von 80 bis 100 mm. Im Laufe des 29. 12. überquert diese Schleifzone den südlichen Schwarzwald; sie liegt am folgenden Morgen bereits über dem Mittelmeer. Die auf der Rückseite einströmende Kaltluft bewirkt noch Niederschläge, wenn sich auch in der Bodendruckverteilung über Süddeutschland bis zum Monatsende höherer Luftdruck eingestellt hat.

Die Tageswerte der Schneehöhen sowie die Tagessummen des Niederschlags dieser Hochwasserlage enthalten Abb. 8 und 9. Die Schneehöhen lassen deutlich erkennen, wie die vorhandene Schneedecke bis zum 29. 12. morgens entweder völlig beseitigt oder stark abgeschmolzen ist. Zusammen mit den großen Tagessummen ergießt sich noch diese Schmelzwassermenge, die am 27. 12. etwa 1.8 mm Wasser je 1 cm Schneedecke, am 29. 12. dagegen 3.0 bis 3.6 mm/cm Schneedecke beträgt, in die bereits stark angeschwollenen Flußläufe, so daß diese am 29. 12. Hochwasser führen. Trotz des intensiven Niederschlagsfeldes messen einzelne Orte — wie im Maingebiet — bedeutend weniger Niederschlag als die Umgebung. Diese Erscheinung stellt sich bei

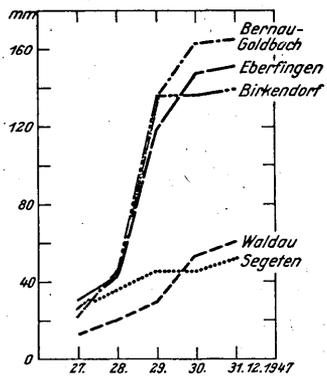


Abb. 8
Tagessummen des Niederschlags (mm) vom 27. 12. — 31. 12. 1947

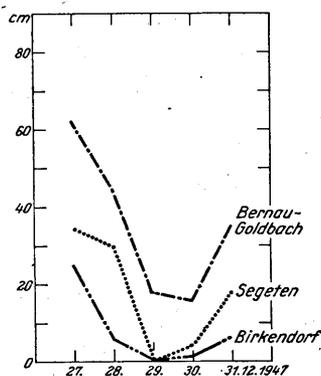


Abb. 9
Tageswerte der Schneehöhen (cm) vom 27. 12. — 31. 12. 1947

Schleifzonen häufig ein. Im südlichen Teil des Südschwarzwaldes ist die geringere Ergiebigkeit verständlich, da dort die Front erst später und dann infolge der Leewirkung der Höhen nördlich davon auch mit abgeschwächter Intensität erscheint. In Waldau könnte ebenfalls die Lage im Lee der nördlich vorgelegerten Höhen des mittleren Schwarzwaldes für die relativ geringen Summen maßgeblich sein. Die Schneehöhen entsprechen dagegen im Betrag und im Verlauf denen von Bernau (s. Abb. 9). Die Niederschläge nach dem 29. 12. fallen meist als Schnee und führen zum Aufbau einer Schneedecke. In der Zeit vom 27. bis 29. 12. schmelzen also etwa 20 bis 40 cm Schnee in den höheren Lagen des Schwarzwaldes ab (Schmelzwasser etwa 100 bis 120 mm Niederschlag), während im gleichen Zeitraum Niederschläge von 30 bis 140 mm fallen, vorwiegend aber von mehr als 100 mm. Die Auswirkung dieser Wassermassen wird verstärkt durch die schon größere Wasserführung der Flüsse infolge der vorangehenden Westwetterlage mit zahlreichen Niederschlägen und der reichlichen Durchfeuchtung des Bodens.

Hochwasser vom 23. 6. bis 27. 6. 1953:

In der Schrift der Schluchsewerk AG. über die „Gefährdung“ der Wutach-Schlucht (62) wird ein weiteres Hochwasser erwähnt, und zwar vom 26. 6. 1953. An diesem Tage beträgt der mittlere Abfluß beim Pegel Stallegg 38 cbm/sec und beim Pegel Eberfingen 118 cbm/sec. Die höchsten Tagesspitzen erreichen dagegen bedeutend größere Werte, nämlich in Stallegg 56 cbm/sec und in Eberfingen 214 cbm/sec.

In der Mitte des Monats herrscht niederschlagsreiches, mäßig warmes Wetter, dem eine kurze Periode mit hohem Luftdruck folgt. In den Tagen vom 23. bis 27. 6. steht Süddeutschland unter dem Einfluß eines

flachen Tiefdruckgebietes mit eingelagerten Störungsfronten, die sich nur langsam verlagern. In der labilen Luftmasse kommt es häufig zu Niederschlägen, örtlich zu Wolkenbrüchen. Am 25. 6. zieht der Kaltlufttropfen von Frankreich nach Süddeutschland und bewirkt ein ausgedehntes Niederschlagsfeld in Südwestdeutschland. Im Bereich des südlichen Schwarzwaldes regnet es von den frühen Vormittagsstunden bis zum Abend, teilweise auch noch nachts, mit starker Intensität. Die Summen schwanken aber örtlich stärker, so daß im Unterlauf der Wutach, also im sonst „trockeneren“ Teil des Flusses, die größten Tagessummen mit 113 mm in Eberfingen gemessen werden. Es ist aber bei dieser

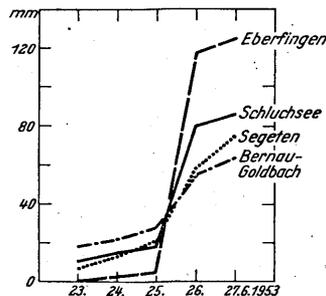


Abb. 10
Tagessummen des Niederschlags (mm) vom 23. 6. — 27. 6. 1953

Wetterlage durchaus möglich, daß an anderen Orten, an denen keine Niederschlagsmeßstellen bestehen, noch größere Summen aufgetreten sind. Größere Tagessummen fielen bereits am 22. 6. (gemessen am 23. 6., 7 Uhr); von Eberfingen werden nur 0,3 mm, von anderen Orten jedoch Summen um 20 mm gemeldet. Bis zum Morgen des 25. 6. kommen im allgemeinen nur geringere Summen zur Messung, abgesehen von örtlichen Schauern. Die starken Niederschläge am 25. 6. führen dann zu dem Hochwasser am 26. 6., da im Laufe dieses Tages noch vielfach Niederschlagssummen von 10 bis 20 mm auftreten. Danach stabilisiert sich die eingeflossene Kaltluft durch Druckanstieg, so daß es sich nur um eine kurze Episode handelt.

Die Tagessummen dieses Zeitraumes sind in Abb. 10 für wenige Orte aufgezeichnet. Von den ausgewählten Orten hat also die Station mit dem geringsten mittleren Niederschlag die größten Summen, während das sonst niederschlagsreiche Segeten bedeutend geringere Beträge empfängt. Die starken sommerlichen Schauerniederschläge bleiben, wie bereits unter 2.1.1.1. berichtet, weitgehend von der Orographie unabhängig und erscheinen häufig in den niederen Lagen. Die Abflußspenden sind oft größer als die Tagessummen des Niederschlags erkennen lassen, da die Intensität des Niederschlags entscheidend ist, wie auch W. Wundt (80) für das Feldberggebiet feststellt.

Murg-, Ibach-, Wehra-Gebiet

Hochwasser vom 6. 4. bis 18. 4. 1935:

Das am 6. 4. 1935 im Raume Dänemark — Südschweden gelegene Tiefdruckgebiet, dessen Fronten bei der Ostverlagerung im Süden bereits das Hochrheingebiet erreicht haben, füllt sich zum Folgetag auf. Wetterbestimmend wird danach ein Tiefdrucksystem über dem Atlantik mit einem Randtief über Südengland. In der milden Meeresluft entsteht über Südwest- und Westdeutschland ein ausgedehntes Regengebiet; in den höheren Lagen des Schwarzwaldes fällt — wie in den Vortagen — der Regen zum Teil mit Schnee vermischt. Bis zum 9. 4. wandert diese Randstörung über Holland bis zum Baltikum, begleitet von ergiebigen Niederschlägen. Diese sind vor allem durch eine von Westen

heranziehende Warmfront bedingt, die am 9. 4. früh entlang dem Rhein verläuft; hinter ihr strömt subtropische Warmluft ein. Die Niederschläge fallen auch im Laufe des 9. 4. nach dem Durchzug der Warmfront verbreitet sehr ergiebig (Segeten: 65 mm Niederschlag vom 9. 4., 7 Uhr bis 10. 4., 7 Uhr).

Das in den Vortagen bis zur südnorwegischen Küste gelangte Sturmtief verlagert sich zum 12. 4. unter Auffüllung nach Norden. In Deutschland fließen mit südwestlicher Strömung wieder etwas kältere Luftmassen ein. Die Warmfront der über der Bretagne gelegenen Randstörung einer neuen ostatlantischen Zyklone erreicht Südwestdeutschland am 12. 4., die zugehörige Kaltfront erst am 13. 4. Das Randtief füllt sich danach schnell auf.

Das Regengebiet einer neuen Randstörung, die aus Westen kommend bis Belgien vordringt, erreicht am 14. 4. Süddeutschland. Das Tief wandert bis zum 15. 4. über Deutschland hinweg nach dem Balkan, so daß sich ein flaches Zwischenhoch aufbauen kann, das jedoch im Laufe des 16. 4. durch die nach Osten durchziehenden Fronten eines neuen Tiefdruckgebietes über England beseitigt wird. Dabei fallen im südlichen Schwarzwald wieder ergiebige Niederschläge, teilweise mit Schnee vermischt.

Die sich ausbildende Genua-Zyklone bewirkt zum 18. 4. eine Umstellung der Wetterlage auf eine Vb-Lage, die damit die bisherige Westwetterlage unterbricht.

Die in den einzelnen Tagen dieses Zeitraumes gemessenen Niederschlagssummen sind für eine Auswahl von Orten in der Abb. 11 enthalten. Es ist anzunehmen, daß die Verhältnisse im Murg/Ibach-Gebiet in diesem Fall durch die Messungen in Segeten und Todtmoos hinreichend umrissen werden, da Stationen in derartig ausgeprägten Tallagen wie in Schönau und Bernau dort fehlen. In Todtmoos bewirkt der Stau an den rings umrahmenden Höhen eine größere Niederschlagssumme als in ähnlichen Lagen in den anderen Tälern.

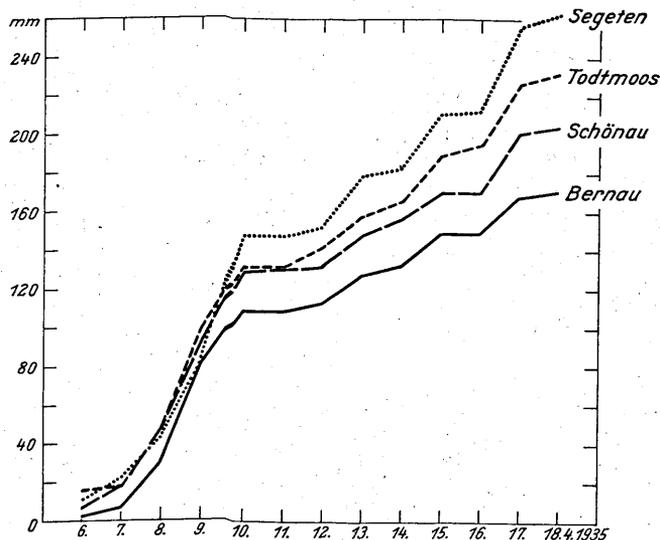


Abb. 11

Tagessummen des Niederschlags (mm) vom 6. 4. — 18. 4. 1935

Die größten Niederschlagsmengen fallen in den Tagen vom 7. 4. bis 10. 4., während die Niederschläge in den folgenden Tagen unregelmäßig verteilt sind und in ihrer hochwassermäßigen Auswirkung durch die Tage mit ganz geringen Summen abgeschwächt werden. Segeten erreicht innerhalb dieses Zeitraumes insgesamt 260 mm.

Tab. 9

Mittlere Tagessummen des Niederschlags (mm) in einzelnen Niederschlagsgebieten (berechnet nach Karten mit Tagessummen des Niederschlags)

	Murg/Ibach-Gebiet	Wehra-Gebiet
am 9. 4. 1935	44.3	42.6
am 10. 4. 1935	62.6	38.9

Die mittleren täglichen Abflußmengen steigen in der Murg beim Pegel Hottingen seit dem 7. 4. an und weisen am 9. 4. ihren Höchstwert mit 7.62 cbm/sec gegenüber einem langjährigen Mittel (1914 bis 1950) in diesem Monat von 1.70 cbm/sec auf. An diesem Tage wird ein Spitzenwert von 10.21 cbm/sec gemessen, der am 10./11. 4. noch einmal erreicht wird, obwohl die mittleren täglichen Abflußmengen wieder abgenommen haben. Die folgenden Tage haben nur geringe Unterschiede, lediglich am 16. 4. steigt das Tagesmittel wieder etwas stärker an.

Die Abflußmengen des Ibaches am Pegel Rotzingen zeigen dagegen bedeutend größere Unterschiede: die mittleren täglichen Abflußmengen steigen von 1.91 cbm/sec am 7. 4. über 5.85 auf 23.00 cbm/sec am 9. 4. an mit einem Spitzenwert von 30.80 cbm/sec. Diese Tagesmengen sinken schnell ab, unterschreiten bis zum 16. 4. aber nicht 6 cbm/sec.

Vom Pegel der Wehra bei Wehr liegen aus dem Zeitraum noch keine Messungen vor.

Hochwasser vom 11. 9. bis 19. 9. 1940:

In die Übergangszeit fällt auch das Hochwasser im September 1940. Am 10. 9. ziehen Tiefdruckgebiete entlang der Nordwestflanke eines ostatlantischen Hochdruckgebietes, das mit einem Ausläufer bis nach Norddeutschland reicht. An der Südostflanke dieses Hochs beeinflussen noch Störungsreste das Wetter. In Süddeutschland fallen teilweise ergiebige Niederschläge; im südlichen Schwarzwald werden am 11. 9. um 7 Uhr Tagessummen von mehr als 20 mm gemessen. Bis zu diesem Termin ist der hohe Luftdruck über dem Kontinent durch eine Störung aus Nordwesten abgebaut worden. Frische maritim-arktische Kaltluft ist am Morgen des 11. 9. bis zur Rhein-Main-Ebene vorgezogen. Die Niederschläge in Süddeutschland sind aber noch durch Wettervorgänge im Mittelmeergebiet (Vb-Lage) bedingt. Auf der Rückseite der im Laufe des 11. 9. nach Süden durchgezogenen Kaltfront baut sich über Westeuropa wieder ein Zwischenhoch auf, das am Folgetag über die Alpen bis zum Balkan reicht; an der Nordflanke bildet sich eine durchgehende Westströmung aus. Damit zieht bis zum 14. 9. ein Sturmtief in die Nordsee, die zugehörigen Fronten reichen bis zu den Alpen und bauen den Hochausläufer ab. Am Morgen des 15. 9. hat ein Randtief des Nordsee-Sturmwirbels auf dem Wege vom Kanal den Schwarzwald erreicht. Eine vorlaufende Front überquerte am 14. 9. Süddeutschland; die zum Randtief gehörenden Fronten okkludieren über dem Schwarzwald. Dabei fallen ergiebige Niederschläge, in den höheren Lagen des südlichen Schwarzwaldes etwa zwischen 40 und 90 mm.

Am 16. 9. morgens hat das Randtief bereits die Adria erreicht. Auf der Rückseite ist seit dem Abend des Vortages Kaltluft aus Nordwesten nach Deutschland eingeströmt; darin kommt es zur Ausbildung eines schwachen Zwischenhochs. Bis zum 17. 9. morgens hat aber schon wieder eine Warmfront Süddeutschland überquert, während die zugehörige Kaltfront erst über dem Kanal liegt. Das steuernde Tief verlagert sich bis

zum 18. 9. morgens vom Raume westlich Schottland nach Südnorwegen, die Kaltfront in der Westdrift vom Kanal nach den Alpen. Am 19. 9. befindet sie sich bereits südlich der Alpen.

Die Niederschlagssummen dieses Zeitraumes sind für eine Auswahl von Orten in Abb. 12 wiedergegeben. Das Hochwasser wird vorbereitet durch die am 11. 9. und 12. 9. morgens gemessenen Summen, zusammen etwa 40 bis 70 mm. Die Auslösung verursachen dagegen

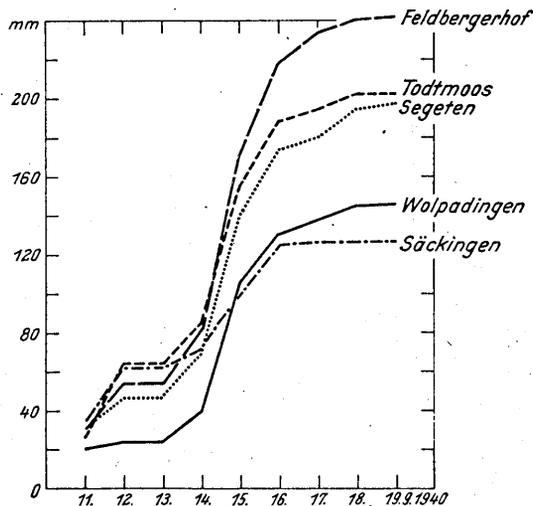


Abb. 12

Tagessummen des Niederschlags (mm) vom 11. 9. — 19. 9. 1940

die Niederschlagsmengen, die im Laufe des 14. 9. (gemessen am 15. 9., 7 Uhr) fallen und durch das vom Kanal bis zum Schwarzwald ziehende Randtief bedingt sind. Das Tagesmittel des Niederschlags beträgt für das abgegrenzte Murg/Ibach-Gebiet am 17. 9. morgens 69.4, für das Wehra-Gebiet 66.1 mm. Aber auch am Folgetag kommen noch beachtliche Tagessummen von etwa 20 bis 50 mm zur Messung, während die dann folgenden Tage einen starken Rückgang der Niederschlagssummen aufweisen.

Die mittleren täglichen Abflussumengen erreichen in der Murg am Pegel Hottingen ihr Maximum am 15. 9. mit 5.68 cbm/sec und mit einem Spitzenwert von 10.40 cbm/sec. In den Folgetagen sinkt der Abflußwert unter weniger als 3 cbm/sec ab.

Im Ibach-Gebiet treten am Pegel Rotzingen wieder wesentlich größere Abflussumengen auf. Das Maximum der mittleren täglichen Abflussumengen beträgt am 15. 9. 15.60 cbm/sec mit einem Spitzenwert von 31.10 cbm/sec. Beide Pegel überschreiten damit also das Hochwasser im April 1935 etwas in den Spitzenwerten, während die mittleren täglichen Abflussumengen im Jahre 1935 wesentlich größer waren.

Die höchsten Werte in den Abflussumengen weist der Pegel der Wehra bei Wehr auf. Dort fällt ebenfalls das Maximum des mittleren täglichen Abflusses auf den 15. 9. 1940, erreicht aber 25.90 cbm/sec mit einem Spitzenwert von 38.4 cbm/sec in der Zeit von 13 bis 14 Uhr. Am 17. 9. beträgt der mittlere tägliche Abfluß noch 17.70 cbm/sec, am 18. 9. 10.50 cbm/sec.

Hochwasser vom 10. 1. bis 18. 1. 1955:

Abschließend soll noch ein Winterhochwasser betrachtet werden. Ein von Rußland bis Mitteleuropa reichender Hochdruckkeil weicht am 10. 1. 1955 vor Störungen vom Atlantik zurück. Am 11. 1. morgens hat die Warmfront eines bis zum Bottenbusen gelangten

Tiefdruckgebietes die Vogesen erreicht; die Niederschläge erfassen bereits Süddeutschland. Die nachfolgende Kaltfront schleift am folgenden Morgen über Süddeutschland, und zwar entlang dem Hochehental, wodurch sich ein langes von Westen nach Osten verlaufendes Niederschlagsband ausbildet. An der schleifenden Front entwickeln sich kleine Wellenstörungen. Der Temperaturunterschied beiderseits der Kaltfront beträgt etwa 10 bis 12° C. Im Schwarzwald fallen verbreitet ergiebige Niederschläge von mehr als 50 mm, teils als Schnee. Im Laufe des 12. 1. ziehen noch Wellenstörungen durch, doch verlagert sich die Kaltfront bis zum folgenden Morgen nach Norditalien.

Ein neues Tiefdruckgebiet hat am 14. 1. Belgien erreicht; die zugehörige Okklusion dringt von Westen kommend bis Bayern vor. Hierbei fallen wieder verbreitet Niederschläge. Hinter dem nach Rußland abziehenden Tief bildet sich vorübergehend über Deutschland ein Zwischenhoch aus.

Am 16. 1. hat ein neues atlantisches Tiefdruckgebiet Südengland erreicht. Die Warmfront ist bereits über Deutschland hinweggezogen, während die Kaltfront morgens den Schwarzwald passiert. Die Niederschläge fallen anfangs zum Teil als Schnee. Am Folgetag liegt das Tief über der Odermündung und die Kaltfront über dem Mittelmeer. In Deutschland macht sich die auf der Rückseite eingeströmte frische Kaltluft durch einen Temperatursturz bemerkbar. Infolge der in das Mittelmeergebiet eingeströmten Kaltluft kommt es am Morgen des 18. 1. über Norditalien zur Ausbildung eines Tiefdruckgebietes, dessen Niederschlagsfeld bis Süddeutschland reicht.

Der Niederschlagsreichtum dieser Tage spiegelt sich in Abb. 13 deutlich wider. Nach dem 11. 1. steigen die Niederschlagssummen steil an und fallen erst etwa ab 14./15. 1. in der Menge ab. Die meisten Orte im süd-

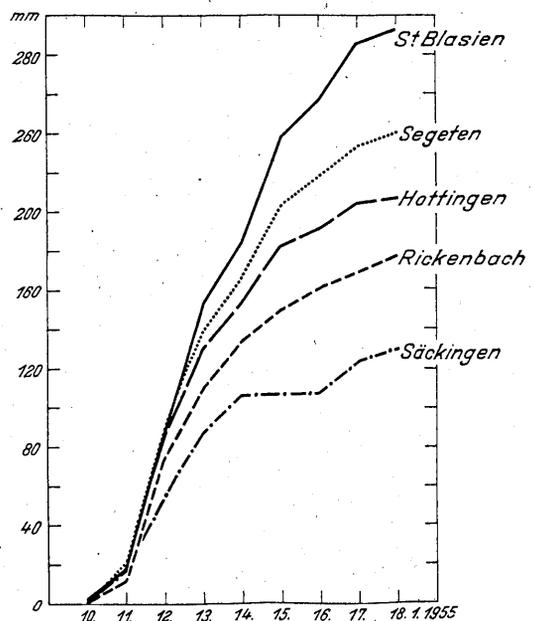


Abb. 13

Tagessummen des Niederschlags (mm) vom 10. 1. — 18. 1. 1955

lichen Schwarzwald erreichen die größten Tagessummen am 12. 1. oder 13. 1., während nur vereinzelt am 15. 1. noch größere Summen gemessen werden. In den ersten Tagen liegt eine Schneedecke uneinheitlicher Höhe, die aber durch den einsetzenden Regen beseitigt wird und deren Wassergehalt den oberirdisch abfließenden Niederschlag vergrößert. Die mittleren Tagessummen des Niederschlags betragen:

Tab. 10

Mittlere Tagessummen des Niederschlags (mm) in einzelnen Niederschlagsgebieten (berechnet nach Karten mit Tagessummen des Niederschlags)

	Murg/Ibach-Gebiet	Wehra-Gebiet
am 12. 1. 1955	69.7	66.5
am 13. 1. 1955	62.8	55.1
am 14. 1. 1955	27.3	26.1
am 15. 1. 1955	48.9	42.4

zusammen in den 4 Tagen also 208.7 bzw. 190.1 mm. Hierbei fallen die größten Niederschlagsmengen im Ibach-Gebiet; dies spiegelt sich auch in den Abflußmengen wider.

Da der Ablauf des Hochwassers in den 3 Tälern unterschiedlich ist, werden nachfolgend die täglichen Abflußmengen (in cbm/sec) dieser Wasserläufe wiedergegeben.

Tab. 11

Mittlere tägliche Wassermengen (cbm/sec)

	Murg bei Hottingen	Wehra bei Wehr	Ibach bei Rotzingen
10. 1. 1955	1.4	2.50	1.3
11. 1.	3.6	7.96	5.5
12. 1.	6.0	32.50	25.4
13. 1.	5.2	31.70	24.0
14. 1.	6.0	30.90	28.1
15. 1.	4.7	26.80	33.1
16. 1.	5.7	23.70	28.9
17. 1.	4.3	20.90	13.3

Auch die Hochwasserspitzen der Pegel weisen Unterschiede auf: in der Murg am Pegel Hottingen tritt sie am 14. 1. um 20 Uhr mit 8.15 cbm/sec auf, im Ibach am Pegel Rotzingen am 12. 1. um 23 Uhr mit 41 cbm/sec, in der Wehra am Pegel Wehr am 12. 1. um 24 Uhr mit 47.6 cbm/sec.

Das Murg/Ibach-Gebiet hat bei den betrachteten Hochwasserlagen größere Tagessummen des Niederschlags als das Wehra-Gebiet. Ohne die Auswertung des Murg/Ibach-Gebietes nach den beiden Wasserläufen zu trennen, kann doch an Hand der Tageskarten des Niederschlags festgestellt werden, daß im Ibach-Gebiet die größeren Summen zu finden sind, da sich bei der Murg bereits der Abfall der Höhen zum Hochrheintal mit dem damit verbundenen Absinken der Niederschlagssummen bemerkbar macht.

Die größten Abflußmengen bei den Hochwasserlagen treten dagegen im allgemeinen in der Wehra auf; es folgt der Ibach und mit weitem Abstand erst die Murg. Daraus ist zu folgern, daß die wasserrückhaltende Kraft des oberen Wehra-Gebietes im Vergleich zum

Murg/Ibach-Gebiet gering sein muß, so daß der gefallene Niederschlag schnell und ohne größeren Verlust zum Abfluß gelangt.

Abschließend wird noch auf die Arbeit von E. Heberner und H. Trenkle (25) über die Hochwasser in Baden im Jahre 1935 hingewiesen. Danach treten die Schadenhochwasser vor allem im Winter auf und dabei besonders im letzten Drittel des Dezembers („Weihnachtsdepression“). Verursacht werden sie durch die bei den Westwetterlagen durchziehenden Warmfronten (z. B. 8. 11. bis 27. 11. 1944), besonders durch schleifende Fronten (z. B. 27. 12. bis 31. 12. 1947). Verstärkend wirken ferner Staueffekte am Gebirge sowie das Abtauen einer Schneedecke bei positiven Temperaturen und lebhaftem Wind (Dezember 1947). Die sommerlichen Hochwasser dagegen sind zurückzuführen auf Niederschläge in Verbindung mit dem Durchzug von Kaltlufttropfen, bei der Ausbildung eines Zentraltiefs über Mitteleuropa mit labiler Luftmasse (wie vom 23. bis 27. 6. 1953 bei gleichzeitigem Durchzug eines Kaltlufttropfens) sowie beim Durchzug von Wellenstörungen an der Tropikfront. Daher sind die meisten sommerlichen Hochwasser wenig ausgedehnt und von kurzer Dauer.

2.1.6. Schnee

Im mitteleuropäischen Klimagebiet genügt es nicht, die Niederschläge allein nach ihrer Menge der Verteilung zu betrachten. Die Form, in der der Niederschlag fällt, ist für seine Auswirkung, auch seine Ausnutzbarkeit von Bedeutung, insbesondere, ob der Niederschlag flüssig ist und daher leicht in den Boden eindringen oder oberflächlich ablaufen kann oder ob er in fester Form als Schnee fällt und dadurch, oft wochenlang, als Schneedecke an der Erdoberfläche konserviert wird.

2.1.6.1. Tage mit Schneefall

Da die fallenden Schneeflocken temperatur- und somit auch höhenabhängig sind, setzt der erste Schneefall am frühesten auf dem Feldberg im Durchschnitt Ende September ein. Für die Hochflächen des Süd- und Südostschwarzwaldes verschiebt sich dieser Termin auf Ende Oktober; im Hochrheintal und unteren Wutachtal ist erst Anfang November mit dem ersten Schneefall zu rechnen. Hier tritt der letzte Schneefall im Mittel bereits Mitte April ein, auf den Hochflächen dagegen erst Anfang bis Mitte Mai. Für die Höhen über 1200 m gilt zwar als mittleres Ende der Schneefallperiode die letzte Maidekade, doch kann in diesen Höhen in jedem Sommermonat gelegentlich Schnee fallen, der allerdings auf dem durchwärmten Boden keine länger dauernde Schneedecke bildet.

Während des Winters fällt im Hochrheintal durchschnittlich an 30 Tagen Schnee (Schmelzwassermenge mindestens 0.1 mm). Mit zunehmender Höhe steigt die Anzahl der Tage mit Schneefall an, so daß auf den Hochflächen 40 bis 60 Tage beobachtet werden. Auf den Höhen über 1000 m ist mit mehr als 70 Tagen zu rechnen, bis zum Feldberg steigt ihre Anzahl auf 100 an.

Tab. 12

Mittlere Zahl der Tage mit Schneefall (Tage mit mindestens 0.1 mm Niederschlag).
Zeitraum: 1891—1930

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Jahr
Freiburg, 278 m	5.7	5.4	5.3	1.6	0.2	.	.	.	.	0.2	2.0	4.0	24.4
Villingen, 712 m	11.1	10.3	10.2	7.1	1.6	0.1	.	.	0.1	1.9	5.6	9.6	57.6
Höchenschwand, 1005 m	12.0	11.4	11.9	9.2	2.8	0.2	.	0.0	0.3	3.0	7.3	11.0	69.1

Im Gegensatz, beispielsweise zum jährlichen Temperaturgang, weisen in der Niederung wie auf den Höhen die Monate Januar bis März fast gleichmäßig die höchsten Werte auf; der April hat im Schwarzwald noch mehr Tage mit Schneefall als der November.

2.1.6.2. Anteil der Schneemenge am Gesamtniederschlag

Die Ergiebigkeit der Schneefälle läßt sich durch den Anteil der Schneeniederschlagsmenge am Gesamtniederschlag darstellen.

Bei der Berechnung des Anteils der Schneemenge am Gesamtniederschlag werden nicht allein die täglichen Niederschlagssummen, die ausschließlich aus Schnee bestehen, verwendet, sondern es wird auch die Hälfte derjenigen Tagessummen berücksichtigt, die sich aus Schnee- und Regenfällen zusammensetzen (Methode G r e i m). Die Genauigkeit der täglichen Aufzeichnungen der Niederschlagsformen hängt sehr von der Möglichkeit des Beobachters ab, den Witterungsablauf lückenlos zu verfolgen. Da die Beobachtungen der Regen- und Schneefälle in den letzten Jahrzehnten am einheitlichsten durchgeführt worden sind, wurde

zur Darstellung nur das Mittel des Jahrzehnts 1931 bis 1940 ausgewählt.

Die regionale Verteilung des Anteils der Schneemenge am Gesamtniederschlag im Jahr zeigt die höchsten Werte, über 30%, im Bereich des Feldberg-Massivs. Auf den Hochflächen beträgt der Anteil je nach Höhenlage 15 bis 25%. Selbst im Hochrheintal fallen noch 10 bis 12% des Niederschlags als Schnee. Der Anteil ist jedoch nicht allein von der Seehöhe abhängig, sondern auch von der landschaftlichen Lage sowie von der Temperatur- und Niederschlagsverteilung. So unterscheiden sich auch die Werte gleicher Höhenlage, was besonders gut in den Monatswerten in Erscheinung tritt. Von Dezember bis Februar sind die Schneeanteile im östlichen Teil des Südschwarzwaldes um wenige Prozent höher als im westlichen. Diese Unterschiede sind zum Teil temperaturbedingt, weil die Lufttemperatur im Winter von Westen nach Osten abnimmt; zum Teil entstehen die Unterschiede aber auch dadurch, daß die im Winter vielfach regenbringenden Südwestwinde im Lee vom Feldberg-Massiv und der Höhen um Todtmoos nicht mehr so niederschlagsreich sind, so daß der Regenanteil sich verringert. Im Frühjahr dagegen liegen im Osten die Anteile um mehr als 5% niedriger,

Tab. 13
Anteil der Schneemenge am Gesamtniederschlag (%)
Zeitraum: 1931—1940

Ort	See- höhe m	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Jahr
Feldberg	1493	70	78	74	64	19	5	0.7	.	3	33	53	69	37
Segeten	879	48	43	52	37	3	.	.	.	0.1	20	18	52	24
Titisee	860	53	55	55	38	4	.	.	.	2	16	20	60	23
Bonndorf	850	48	47	55	30	4	.	.	.	0.3	15	22	57	20
Todtmoos	799	46	43	51	33	6	.	.	.	0.2	21	19	49	23
Birkendorf	724	43	42	42	19	2	.	.	.	0.0	12	11	54	17
Schönau i. Schw.	534	30	36	35	14	2	.	.	.	.	7	6	37	14

da bei der zu dieser Jahreszeit häufigen Nordwestströmung die Schneeschauer bereits im Stau der Schwarzwaldhöhen niedergehen.

Der Jahresgang des Anteils der Schneemenge am Gesamtniederschlag ähnelt dem der Tage mit Schneefall, wie die vorstehende Tabelle zeigt.

Allerdings ist ein zehnjähriges Mittel nicht so ausgeglichen wie ein vierzigjähriges; z. B. weist der Dezember einen besonders hohen Anteil auf, weil in diesem Jahrzehnt mehrere Dezember zwar verhältnismäßig niederschlagsarm, aber kalt waren. Von Dezember bis März bleibt der Anteil annähernd gleich, obgleich die Lufttemperatur von Februar an erheblich ansteigt. Von März bis Mai bringt vor allem Meereskaltluft die Schneefälle. Sie läßt durch die Schneeschauer den Schneeanteil im April über den des November ansteigen.

2.1.6.3. Mittlere und extreme Dauer von Schneedecken

Die Dauer einer Schneedecke ist im wesentlichen abhängig von der Menge und der Form der Niederschläge, die während dieser Zeit fallen, von dem Verhalten der Lufttemperatur unter dem Gefrierpunkt und von der Verdunstung. Beim Abtauen der Schneedecke können die Schmelzwässer in den häufig noch gefrorenen Boden nicht eindringen und laufen dann oberflächlich ab. Wenn Regenfälle aus milden Meeresluftmassen das Abtauen verursachen, kann selbst eine

hohe Schneedecke in wenigen Tagen verschwinden. Die Schmelzwässer, vermehrt durch die Niederschlagsmengen, haben dann in fast allen Fällen Hochwasser zur Folge. Bei mildem Strahlungswetter jedoch schwindet die Schneedecke in erster Linie durch die Verdunstung, die bei der geringen Luftfeuchtigkeit während dieser Wetterlage besonders groß ist. Der Anteil des Schmelzprozesses am Rückgang der Schneedecke ist aber gering, weil bei Nacht das Schmelzen durch Wiedergefrieren infolge der Ausstrahlung unterbrochen wird. Die Einstrahlung des folgenden Tages muß erst den Wärmeverlust während der vorhergehenden Nacht aufholen, bis wieder Schmelzen eintritt. Dadurch entstehen auch trotz relativ milder Luftmassen bei Strahlungswetter keine nennenswerten Hochwässer.

Die erste Schneedecke des Winters, die meist nur 1 bis 2 Tage bestehen bleibt, bildet sich am Feldberg-Massiv im Durchschnitt Mitte Oktober, die letzte Schneedecke verschwindet Mitte Mai. Auf den Hochflächen des Hotzenwaldes und des Wutachgebietes ist von Mitte November bis Mitte April mit Schneedecke zu rechnen. Im Hochrheingebiet tritt die erste Schneedecke durchschnittlich Ende November ein, die letzte Schneedecke wird Ende März beobachtet.

Die Zeit, während der die Niederschläge nicht sofort der Versickerung oder dem Abfluß zugutekommen, ist in Bildtafel VIII „Mittlere Zahl der Tage mit Schneedecke von mindestens 0 cm Höhe“ dargestellt. Durch das zur Verfügung stehende Beobachtungsmaterial be-

dingt, wurde der Zeitraum 1936/37 bis 1943/44 gewählt, dessen Mittel annähernd dem langjährigen Durchschnitt entspricht. Da die Dauer der Schneedecke von der Temperatur und somit auch von der Höhe abhängig ist, findet sich die höchste Zahl der Tage mit Schneedecke, über 160, auf dem Feldberg-Seebuck-Rücken, insbesondere an dessen Nordhängen. Mit Verringerung der Seehöhe nimmt auch die Zahl der Tage mit Schneedecke ab. So liegt in 1000 m Höhe noch etwa an 120 Tagen während des Winters Schnee. Auf den Hochflächen des Wutachgebietes ist mit 80 bis 100 Tagen, im Hotzenwald mit 60 bis 100 Tagen zu rechnen. Im Hochrheingebiet und im mittleren Wutachtal bleibt die Schneedecke nur noch an 40 bis 60 Tagen liegen.

Beim Entwurf dieser großmaßstäblichen Karte wurde berücksichtigt, daß die Schneedecke im Wald durchschnittlich länger erhalten bleibt als auf den freien Flächen. So werden die unbewaldeten besonnten Hänge bei Strahlungswetter zuerst schneefrei, bei Regenwetter schmelzen die den Südwestwinden zugekehrten freien Hänge besonders rasch ab. Die Nordhänge dagegen sind durchschnittlich 14 Tage länger mit Schnee bedeckt. Die in die Hochflächen eingesenkten Durchbruchstäler wurden in der Andauer der Schneedecke ihrer Umgebung gleichgestellt, da weder Messungen noch Beobachtungen aus den Schluchten bekannt geworden sind. Es ist sogar wahrscheinlich, daß sowohl Sonneneinstrahlung wie milde Winde die Schneedecke dort nur unwesentlich beeinflussen können, so daß diese Talabschnitte die Schneedecke länger behalten als die umgebenden Hochflächen.

Trotz der Berücksichtigung mancher Einflüsse kann die hier wiedergegebene Darstellung der Schneedeckendauer nur einen Überblick über die Unterschiede im Südschwarzwald vermitteln. Auf Gipfeln, an einzelnen Hängen oder in Talabschnitten können hiervon erhebliche Abweichungen eintreten, die jedoch nur mit Hilfe von geländeklimatischen Untersuchungen festzustellen sind.

Die vorliegende regionale Verteilung umfaßt sämtliche Tage mit Schneedecke während des Winters, es sind dabei auch die Tage mit nur hauchdünnem Schneeeüberzug und diejenigen mit durchbrochener Schneedecke berücksichtigt. Werden statt 0 cm andere Mindestgrenzen der Schneehöhen, z. B. 1, 10, 20, 50 und 100 cm ausgewählt, so verringert sich die Anzahl der Tage mit zunehmender Schneehöhe, die regionale Verteilung zeigt jedoch im wesentlichen dieselben Züge (Zahlentafel XIII, Abb. 14). Die tabellarischen Zusammenstellungen enthalten neben der mittleren monatlichen und jährlichen Zahl der Tage mit Schneedecke auch den größten und kleinsten Wert für den betr. Monat oder das Jahr, der im Zeitraum 1936/37 bis 1952/53 aufgetreten ist. Zugleich vermittelt die Tabelle einen

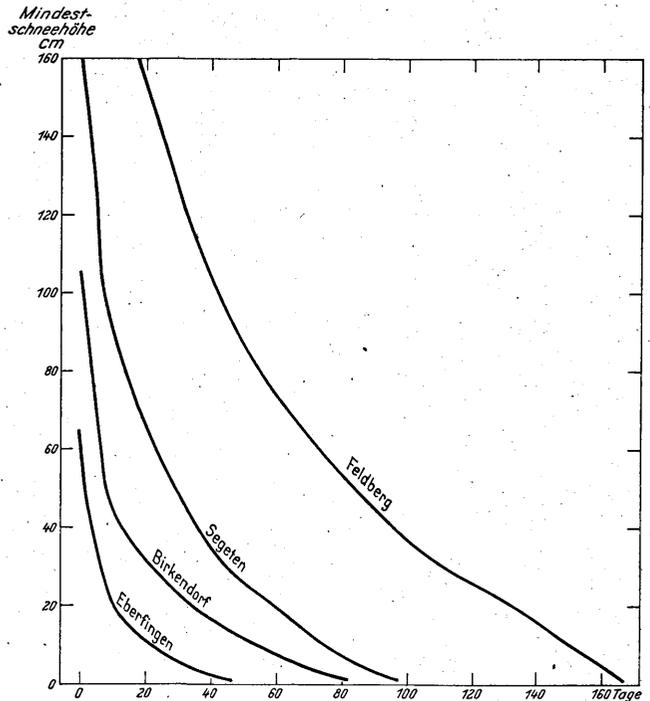


Abb. 14
Mittlere jährliche Zahl der Tage mit Schneedecke verschiedener Schneehöhen.
Zeitraum: 1936/37—1943/44, 1946/47—1952/53

Überblick über den Jahresgang der Zahl der Tage mit Schneedecke bei verschiedenen Schneehöhen.

Die Mittelwerte der Zahl der Tage mit Schneedecke erreichen, sogar auf dem Feldberg, in keinem Monat die Gesamtzahl der Monatstage; dies bedeutet, daß selbst im Hochwinter schneefreie Zeiten auftreten können. Im Herbst überwiegen die Zeiten ohne Schneedeckung, die Schneedeckenperioden dauern meist nur 1 bis 2 Tage; länger anhaltende Schneedeckenperioden setzen erst im November ein. Auf dem Feldberg kann mit dauernder Schneedecke von Mitte November, spätestens Mitte Januar, bis in das Frühjahr hinein im allgemeinen gerechnet werden. Auf den Hochflächen von 1000 bis 700 m Seehöhe setzen wochenlang andauernde Schneedecken meist im Dezember ein. Im mittleren Wutachtal und im Rheintal kommt es nur in strengen Wintern zu längeren Schneedeckenperioden; normalerweise herrschen hier die schneefreien Zeiten vor.

Für die Speicherung des Niederschlags als Schneedecke sind Häufigkeit und Andauer der Schneedeckenperioden von Wichtigkeit. Über die Verteilung in den verschiedenen Seehöhenlagen geben die beiden nachfolgenden Tabellen Auskunft.

Tab. 14
Häufigkeit (Zahl der Fälle) von Schneedeckenperioden verschiedener Andauer
Zeitraum: 1936/37 — 1943/44, 1946/47 — 1953/54

	Andauer der Schneedeckenperioden	Monat									
		O	N	D	J	F	M	A	M	Winter	
Eberfingen, 430 m	1 — 2 Tage	.	9	14	8	12	5	6	1	55	
	3 — 5 Tage	1	.	3	2	2	2	.	.	10	
	6 — 14 Tage	.	1	5	5	5	2	.	.	18	
	≥ 15 Tage	.	1	6	5	.	.	.	.	12
Segeten, 879 m	1 — 2 Tage	7	12	2	4	4	8	18	2	57	
	3 — 5 Tage	.	4	4	5	3	3	6	.	25	
	6 — 14 Tage	1	5	5	.	7	3	.	.	21	
	≥ 15 Tage	1	3	12	8	1	1	.	.	26	

Die Tabelle gibt die Gesamtzahl der im genannten Zeitraum aufgetretenen Schneedeckenperioden an. Die Wintersummen der 1 bis 2 Tage dauernden Perioden sind im Hochrheingebiet und auf den Hochflächen etwa gleich, in den Monaten jedoch ergeben sich charakteristische Unterschiede (Maxima in Eberfingen: Dezember und Februar, in Segeten: November und April). Die länger anhaltenden Perioden sind in Segeten weitaus häufiger als in Eberfingen.

Tab. 15

Prozentuale Aufteilung der Anzahl der Schneedeckentage auf ununterbrochene Schneedeckenperioden verschiedener Länge

Zeitraum: 1936/37 — 1943/44, 1946/47 — 1953/54

	Schneedeckenperioden					
	1-19	20-39	40-59	60-79	80-99	≥ 100 Tage
Feldberg, 1493 m	16		2	2	8	72 %
Segeten, 879 m	27	21	3	17	12	20 %
Bernau, 922 m	34	11	6	8	21	20 %
Birkendorf, 762 m	21	13	4	17	28	17 %
Eberfingen, 430 m	48	12	21	19		%

Auf dem Feldberg beanspruchen die langen, mindestens 100 Tage andauernden Perioden 72% aller Schneedeckentage. Auf den Hochflächen geht der Anteil an diesen langen Perioden zugunsten der kurzen erheblich zurück, in Eberfingen, im unteren Wutachtal, das etwa die gleichen Schneedeckenverhältnisse wie das Hochrheintal aufweist, verschiebt sich der Schwerpunkt am deutlichsten auf die Perioden von 1 bis 19 Tagen.

Auch die jeweils längsten Schneedeckenperioden der Winter geben einen Hinweis auf die unterschiedliche natürliche Speicherung des Niederschlags. In einem durchschnittlichen Winter ist im Hochrheingebiet mit einer etwa 4 Wochen ununterbrochen anhaltenden Schneedecke zu rechnen, auf den Hochflächen des Südschwarzwaldes schon mit 2 Monaten Dauer, auf dem Feldberg sogar mit 4 Monaten. In den einzelnen Wintern können jedoch erhebliche Abweichungen vom Mittelwert auftreten, wie die folgende Tabelle zeigt.

Tab. 16

Andauer (Tage) der im Laufe des Winters vorgekommenen längsten Schneedeckenperiode
Zeitraum: 1936/37 — 1943/44, 1946/47 — 1953/54

	Feldberg	Segeten	Bernau	Birken- dorf	Eber- fingen
1936/37	99	16	19	10	5
37/38	62	44	50	85	12
38/39	112	32	30	33	30
39/40	141	38	19	78	18
40/41	193	103	100	111	63
41/42	190	97	93	84	79
42/43	97	77	69	71	43
43/44	160	61	60	55	34
46/47	144	97	80	93	10
47/48	108	34	34	33	12
48/49	118	34	38	18	16
49/50	120	26	18	9	1
50/51	181	101	110	99	21
51/52	135	64	82	78	51
52/53	170	114	106	114	57
53/54	131	77	83	32	13
Mittel	135	63	57	63	29

2.1.6.4. Mittlere und extrem größte Schneehöhen

Nicht nur die Zahl der Tage mit Schneedecke, sondern auch die Mächtigkeit der Schneedecke nimmt mit der Schneehöhe zu. Die regionale Verteilung der mittleren größten Schneehöhen enthält Bildtafel IX. Danach betragen am Feldberg-Massiv die Schneehöhen-Maxima durchschnittlich 150 cm. In Höhen von 1000 m NN ist mit einem Anwachsen der Schneedecke auf 80 cm zu rechnen, im mittleren Wutachtal und im Hochrheingebiet werden dagegen 30 cm nicht erreicht. Die Wirkung von Luv und Lee macht sich auch in der Verteilung der mittleren Schneehöhen-Maxima bemerkbar: In gleicher Seehöhe sind die Schneedecken auf den Hochflächen des Südschwarzwaldes um 10 bis 20 cm niedriger als im Bereich des Feldberg-Massivs und der Höhen um Todtmoos sowie auf der Westseite des Schwarzwaldes.

Die absoluten Maxima der Schneehöhen der letzten Jahrzehnte sind vorwiegend im Februar 1951/52 aufgetreten, in Eberfingen (Wutachtal) und im Hochrheingebiet wurden 65 cm Schneehöhe gemessen, auf den Hochflächen 100 bis 150 cm, auf dem Feldberg und auf den von dort ausgehenden Höhenrücken 200 bis 300 cm. Diese Werte beziehen sich auf ungestörte Schneedecken, die für die mittleren Verhältnisse in der Umgebung der Beobachtungsstation repräsentativ sein sollen. Schneewehen dagegen können zu weitaus größeren Höhen anwachsen.

2.1.6.5. Schwankungen der Schneeverhältnisse

Das mitteleuropäische Klima ist durch Unterschiede von Jahr zu Jahr ausgezeichnet. Auch die Beobachtungsreihen von Andauer und Höhe der Schneedecke weisen derartige Schwankungen auf, ihr Ausmaß ist jedoch nicht in allen Höhenlagen gleich. Die Abweichungen vom Mittelwert erreichen in den niederen Lagen die größten Beträge und verringern sich mit zunehmender Seehöhe.

Tab. 17

Größte negative und positive Abweichung der Zahl der Tage mit Schneedecke (Mindesthöhe 1 cm) vom Mittel
Zeitraum: 1936/37 — 1952/53

	Negative Abweichung		Positive Abweichung	
	in Tagen	in % des Mittels	in Tagen	in % des Mittels
Eberfingen	41	87	54	116
Birkendorf	58	71	52	63
Bernau	53	58	39	42
Segeten	32	33	38	39
Feldberg	37	22	39	24

Der im Rahmen des Gutachtens besonders interessierende Verlauf der Abweichungen vom Mittelwert während eines größeren Zeitraums läßt sich für den Schwarzwald nicht darstellen. Die badischen Originalbeobachtungen sind durch Kriegseinwirkungen verlorengegangen, die Veröffentlichungen enthalten nur zeitweise Angaben über die Schneedecke. Die wenigen längeren Meßreihen stammen von Stationen, die mehrmals verlegt wurden, so daß die Reihen inhomogen sind und keine gesicherten direkten Aussagen über Klima-Änderungen erlauben. Sie lassen aber den Schluß zu, daß im Schwarzwald ähnliche Gesetze für die Schneedeckenverhältnisse gelten wie im Allgäu oder in der Schwäbischen Alb. Für diese Gebiete wurde

von K. Brose (9) nachgewiesen, daß in den letzten Jahrzehnten im Mittel keine Abnahme in der Andauer der Schneedecke und ihrer Höhe eingetreten ist.

2.1.7. Gewitter

Das Auftreten ergiebiger Niederschläge ist häufig mit der Auslösung von Gewittern verbunden. Der Anteil der Gewitterregen an den Gesamtniederschlägen erreicht in trockenen Jahren die größten Werte. Da die Gewitter einen ausgeprägten Jahresgang mit dem Maximum im Sommer haben, nimmt der Anteil in den Sommermonaten zu. Infolge dieses Zusammenhanges sind die Gebiete mit größerer Gewitterhäufigkeit in trockenen Jahren gegenüber den anderen Landschaften begünstigt, da die Wahrscheinlichkeit, daß sich dort Gewitter bilden und damit Regen fällt, größer ist. Freilich darf nicht übersehen werden, daß es sich hierbei häufig um Starkregen kurzer Dauer handelt, dessen

Wasserspende größtenteils ungenutzt abfließt oder sogar Schäden verursachen kann.

Mit diesen Fragen hat sich H. Israel (29) befaßt, der in den Jahren 1947 und 1948 in Südwestdeutschland ein besonders dichtes Netz mit Gewitterbeobachtungen aufbaute. In seiner Arbeit sind Angaben über die Wahrscheinlichkeit von Gewitterregen, über die mittlere Dauer der Gewitter sowie den Anteil der Gewitterregen an der gesamten Niederschlagssumme enthalten, die aber hier nicht wiedergegeben werden sollen, da es sich nur um ein kleines Kollektiv handelt. Die mittlere Niederschlagsdichte der Gewitter wird mit etwa 8 bis 10 mm angegeben.

Da die mittlere Anzahl der Gewittertage im Winterhalbjahr weniger als 1 Tag im Monat beträgt, sind in der folgenden Tabelle, entnommen der Arbeit von R. Aniol (2), nur die Mittelwerte der Monate April bis September sowie der Jahreswert enthalten.

Tab. 18
Mittlere Zahl der Tage mit Gewitter

	A	M	J	J	A	S	Jahr	Zeitraum
Bernau	1.0	3.3	4.7	4.6	3.3	1.6	19.3	1911—1940, ohne 1936
Breitnau	1.6	4.6	5.7	4.8	3.6	1.9	23.5	1911—1940
Bubenbach	1.1	4.0	5.2	5.2	3.9	1.9	22.2	1911—1938
Feldberg	1.2	5.1	6.2	5.7	4.6	2.2	26.6	1911—1940
Säckingen	1.7	3.8	6.3	6.1	5.8	2.3	27.1	1936—1943, 1947—1953
St. Blasien	1.1	4.0	6.0	5.2	3.2	1.9	22.1	1911—1940
Schönau	1.8	4.4	6.1	4.6	4.0	1.3	22.3	1911—1930
Schweigsmatt	1.6	5.0	7.2	6.0	4.9	2.6	29.0	1911—1940
Todtmoos	1.4	4.0	5.0	4.9	4.0	1.6	22.5	1921—1940

Die in der Karte 57 des Klima-Atlas von Baden-Württemberg (33) wiedergegebene räumliche Verteilung der mittleren jährlichen Zahl der Tage mit Gewitter stellt die Oberrheinebene und das Hochrheintal nebst den Randhöhen des Schwarzwaldes als die gewitterreichsten Gebiete mit mehr als 25 Tagen heraus, während die Höhen des Schwarzwaldes Werte von 20 bis 25 Tagen aufweisen.

Die größte Gewitterhäufigkeit verzeichnet der Juni, dem der Juli aber dichtauf folgt, während Mai und August geringere Werte haben.

2.2. Lufttemperatur

2.2.1. Mittel- und Extremwerte

Die in den Zahlentafeln XIV bis XVI mitgeteilten Werte der Lufttemperatur beziehen sich auf die Luft in 2 m Höhe über dem Erdboden. Diese Thermometerhöhe ist international vereinbart, um Verfälschungen durch starke Temperaturschwankungen in der bodennahen Luftschicht zu vermeiden.

Das Netz der Stationen, an denen langjährig die Lufttemperatur gemessen wurde, ist nicht dicht genug, um die charakteristischen Lagen des Untersuchungsgebietes durch Beobachtungsreihen repräsentativer Stationen zu belegen. Deshalb wurden angenäherte Mittelwerte der Lufttemperatur für das Wutachgebiet und den Hotzenwald berechnet und in Zahlentafel XIV mit aufgenommen.

Welche erheblichen Abweichungen vom Mittelwert in einzelnen Monaten und Jahren auftreten können, veranschaulicht Zahlentafel XV.

Die bis jetzt gemessenen absolut höchsten und tiefsten Werte der Lufttemperatur sind aus Zahlentafel XVI zu ersehen.

Die regionale Verteilung der Lufttemperatur soll in diesem Rahmen nur kurz gestreift werden. Im Durchschnitt nimmt die Lufttemperatur mit zunehmender Seehöhe ab, im Herbst und Winter etwa 0.4° C auf 100 m, im Frühjahr und Sommer erhöht sich dieser Betrag auf 0.6° C pro 100 m. Im Winter sind bei gleicher Seehöhe die Westhänge des Schwarzwaldes wärmer als die Hochflächen der Ostseite; die vom Feldberg-Massiv nach Osten und Süden ausgehenden Talmulden der Flußoberläufe haben geringere Temperaturen als die umgebenden Hänge und Höhen. Bei den tiefsten Minima der Lufttemperatur z. B. von St. Blasien und Höchenschwand ist dieser Unterschied besonders kraß ausgeprägt (Zahlentafel XVI). Im Sommer verringern sich die durch die Formen der Landschaft bedingten Unterschiede; es dominiert die Temperaturabnahme mit der Höhe.

Im mittleren Jahresgang bleiben die Tagesmittel der Lufttemperatur oberhalb 700 m von Anfang Dezember bis Anfang März unter dem Gefrierpunkt; auf dem Feldberg ist diese Zeit auf Mitte November bis Mitte April ausgedehnt. Wenn auch in den einzelnen Jahren die Frostperioden von frostfreien Zeiten unterbrochen werden, so kann man doch in jedem Winter mit länger anhaltenden Frostperioden rechnen, unter deren Wirkung die Stauseen zufrieren würden, wenn nicht der Wasserspiegel zu großen (z. B. täglichen) Schwankungen unterworfen wäre.

2.2.2. Schwellenwerte der Lufttemperatur

Nicht nur die Mittelwerte, sondern auch die Häufigkeiten, mit denen bestimmte Schwellenwerte der Lufttemperatur über- oder unterschritten werden, sind für die einzelnen landschaftlichen Lagen charakteristisch. Für die Belange der Wasserwirtschaft interessiert vor allem die Häufigkeit, mit der der Gefrierpunkt unterschritten wird. Die Jahreswerte vermitteln zugleich einen, wenn auch recht groben, Überblick über die

Dauer des Frostes in den obersten Schichten des Erdbodens und damit über diejenige Zeit, in welcher der Erdboden kein Wasser aufnehmen kann.

Die Eistage (das Tagesmaximum der Lufttemperatur bleibt unter 0° C) zeigen eine ausgeprägte Höhenabhängigkeit; so sind im Rheintal in 300 m Seehöhe etwa 20 Eistage, in den Tälern in 800 m etwa 30, auf den Höhen um 1000 m 50 und auf dem Feldberg 84 Eistage zu erwarten.

Tab. 19
Mittlere Zahl der Eistage
(Tage mit Temperatur-Maximum unter 0° C)

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Jahr	Zeitraum
Feldberg	18.6	16.4	12.2	6.6	1.3	.	.	.	0.4	3.2	8.2	17.2	84.1	1926—1944
Höchenschwand	13.3	10.9	6.1	0.9	.	.	.	.	.	0.9	5.2	12.4	49.7	1881—1940, 43, 44
St. Blasien	9.5	6.2	1.6	0.1	.	.	.	.	.	0.1	2.3	8.9	28.7	1902—1944
Donaueschingen	11.8	7.6	1.7	0.1	.	.	.	.	.	0.1	3.0	9.9	34.2	1893—1938

Bei den Frosttagen (das Tagesminimum der Lufttemperatur sinkt unter 0° C ab) jedoch tritt zu dem Einfluß der Seehöhe eine Abhängigkeit der Stationslage von der Landschaftsform hinzu. Die Talböden

werden häufiger von Frost heimgesucht als die umliegenden Hänge; die Täler weisen überhaupt vielfach tiefere Temperaturen auf.

Tab. 20
Mittlere Zahl der Frosttage
(Tage mit Temperatur-Minimum unter 0° C)

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Jahr	Zeitraum
Feldberg	29.0	26.0	25.4	20.1	8.8	1.2	.	0.1	2.4	11.5	20.9	27.3	172.8	1926—1944
Höchenschwand	26.0	24.7	22.1	12.9	3.2	0.1	.	.	0.5	7.3	18.0	25.8	140.6	1881—1940, 43, 44
St. Blasien	27.0	24.1	24.3	12.8	3.2	0.1	.	0.0	1.0	7.3	18.3	25.0	143.1	1902—1944
Donaueschingen	27.5	24.5	23.9	13.7	3.9	0.3	0.0	0.0	2.0	9.6	20.4	26.2	152.0	1893—1938

Über die Anzahl der Tage, an denen die Lufttemperatur den Gefrierpunkt unter- oder überschreitet (Frostwechseltage), gibt die nachfolgende Zusammenstellung Auskunft:

Tab. 21
Mittlere Zahl der Frostwechseltage
(Tage mit Unter- oder Überschreitung des Gefrierpunktes)

Feldberg	89 Tage
Höchenschwand	91 "
Lenzkirch	118 "
Neustadt	119 "
St. Blasien	114 "
Donaueschingen	118 "
Waldshut	73 "

Auch diese Tabelle zeigt, daß die hochgelegenen weiten Täler dem Frostwechsel besonders stark ausgesetzt sind.

Der erste Frost im Herbst tritt auf dem Feldberg, in den hochgelegenen Tälern und in den Mulden der Hochflächen durchschnittlich fast zu gleicher Zeit, nämlich Ende September, ein. Auf den Höhenrücken unterhalb 1000 m und im Hochrheintal ist erst Mitte Oktober mit dem ersten Frost zu rechnen. Die Frostzeit geht in den unteren Tälern durchschnittlich in der dritten Aprildekade zu Ende; mit zunehmender Seehöhe verschiebt sich dieses Datum in den Mai hinein. In ausgeprägten Muldenlagen auf den Hochflächen (z. B. Baar) und auf dem Feldberg können auch noch in den Sommermonaten Fröste auftreten.

Als Maß für die tägliche Erwärmung im Sommer kann die folgende Tabelle mit der mittleren Zahl der Sommertage, d. h. Tage mit einem Maximum der Lufttemperatur von mindestens 25° C, dienen.

Tab. 22
Mittlere Zahl der Sommertage
(Tage mit Temperatur-Maximum von mindestens 25° C)

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Jahr	Zeitraum
Feldberg	0.1	0.1	0.1	.	.	.	.	0.3	1926—1944
Höchenschwand	0.1	0.8	2.8	2.0	0.4	.	.	.	6.1	1881—1940, 43, 44
St. Blasien	0.7	2.6	5.4	4.7	1.4	.	.	.	14.8	1902—1944
Donaueschingen	.	.	.	0.1	1.7	4.6	7.9	6.6	1.9	.	.	.	22.8	1893—1938

2.2.3. Zeitliche Änderungen der Monats- und Jahresmittel der Lufttemperatur

Die Temperaturreihen zeigen ebenfalls die Eigentümlichkeiten des schwankungsreichen mitteleuropäischen Klimas: zu warme Zeiten wechseln mit zu kalten ab. Diesen starken unregelmäßigen Änderungen der Lufttemperatur ist eine, zumindest in ganz Europa feststellbare, leichte Erwärmung überlagert. In Süddeutschland beträgt sie seit Ende des vorigen Jahrhunderts im Jahresmittel der Lufttemperatur etwa 0.5° C, wie nachfolgende Zusammenstellung von 20jährigen Mitteln erkennen läßt.

Tab. 23

Jahresmittel der Lufttemperatur (0° C) verschiedener Zeiträume

Zeitraum	Höchenschwand	Königstuhl	Bamberg
1891—1910	5.6	(7.1)	7.9
1911—1930	5.9	7.5	8.5
1931—1950	6.1	7.6	8.7

Beim Vergleich der Monats- und Jahresmittel der langen Temperaturreihen von Höchenschwand und St. Blasien mit Stationen außerhalb des eventuell möglichen Einflußbereichs von Alb- und Schluchsee (Feldberg, Dreifaltigkeitsberg/Schwäbische Alb, Freudensstadt) ergaben sich 1936 bzw. 1937 Sprünge von 0.1 bis 0.2° C in den Reihen. Sie lassen sich eindeutig auf die in diesen Jahren eingetretenen Stationsverlegungen zurückführen. Weder Albsee noch Schluchsee vermochten die Temperaturreihen von Höchenschwand und St. Blasien zu beeinflussen. So sind auch durch die geplanten Stauseen und Staubecken keine Temperaturveränderungen in der weiteren Umgebung zu erwarten.

Der Einfluß der Wasserflächen auf ihre Umgebung beschränkt sich auf den Uferstreifen und, mit der Entfernung abnehmend, auf die unterhalb des Staubeckens gelegene Talstrecke. Der Einfluß tritt vor allem dann in Erscheinung, wenn die Wasserflächen anders als die Luft temperiert sind, weil sich dann, um die Temperaturunterschiede auszugleichen, lokale Luftströmungen bilden. Im Winter sind die Staubecken nur selten durch Eis abgeschlossen, so daß dann größere Temperaturunterschiede bestehen können. Im Frühjahr wirkt die Seefläche in geringem Maße abkühlend auf den Uferaum, da sich das Wasser langsamer als der Erdboden erwärmt. Im Frühsommer ist die Erwärmung bereits soweit fortgeschritten, daß die Seefläche durch Abschwächung des Temperaturminimums den Tagesgang der Lufttemperatur ausgleichend beeinflusst. Der nachts das Tal hinabwehende Wind erwärmt sich über der Seefläche und bewirkt, daß die Lufttemperatur an den Seeufern und unterhalb der Staumauer nicht so tief absinkt wie auf dem Talboden oberhalb des Sees. Dieser Effekt wird besonders im Herbst zur Zeit der ersten Nachtfrost deutlich, wenn im Tal oberhalb des Sees Frostschäden auftreten, unterhalb jedoch der Talboden zunächst frostfrei bleibt. Die Milderung der tiefen Temperaturen hält bis in den Frühwinter hinein an.

2.3. Wind

2.3.1. Windrichtung

Im Schwarzwald herrschen wie überall in Süddeutschland die westlichen Winde vor. Am besten werden die Windverhältnisse im Südschwarzwald von der Windrose des Feldberges wiedergegeben, obwohl sie nur angenähert den Luftströmungen in den unteren Schichten der Atmosphäre entspricht, da die vom Feldberg ausgehenden Rücken und Täler Leitlinien bilden und die Winde ablenken.

Tab. 24

Mittlere Windverteilung (%) Feldberg i. Schwarzwald
Zeitraum: 1926 — 1943

	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	C(=Windstille)
Januar	4.3	8.3	11.3	6.5	10.8	28.5	19.5	7.4	3.4
Februar	4.5	9.3	16.3	8.3	7.4	26.0	17.4	6.4	4.4
März	7.5	8.2	16.5	8.2	9.0	22.8	14.6	8.4	4.8
April	9.7	8.6	12.8	6.2	7.6	24.9	18.7	8.7	2.8
Mai	13.0	11.5	15.7	4.6	7.1	19.8	16.2	8.8	3.3
Juni	10.0	11.9	14.1	4.2	6.0	22.9	20.7	7.4	2.8
Juli	8.6	8.2	8.7	3.1	6.1	28.3	24.0	9.4	3.6
August	7.6	8.5	11.8	4.7	6.8	23.9	23.0	8.3	5.4
September	6.1	9.8	13.6	6.8	7.4	24.1	19.0	7.9	5.3
Oktober	4.2	6.7	10.8	5.5	8.9	30.0	22.5	5.6	5.8
November	3.4	6.0	12.0	7.1	10.1	34.6	18.1	4.9	3.8
Dezember	4.2	7.9	18.0	7.7	8.5	27.1	16.3	6.2	4.1
Jahr	6.9	8.7	13.4	6.1	8.0	26.1	19.2	7.5	4.1

Auf den Höhenzügen und auf den freien Hochflächen des Südschwarzwaldes ähneln die Windrosen der des Feldbergs. In den Tälern jedoch passen sich die Luftströmungen entweder der jeweiligen Richtung des Talabschnittes an, oder sie werden derart abgebremst, daß sie kaum mehr wahrnehmbar sind. So herrschen in St. Blasien und in Lenzkirch die Westwinde vor; in Neustadt weisen die Nordwestwinde die größte Häufig-

keit auf. Weiterhin ist für die Talstationen eine relativ große Häufigkeit von Windstillen typisch.

Die prozentuale Häufigkeit der einzelnen Windrichtungen verschiebt sich im Laufe des Jahres. Dieser Jahresgang ist durch die vorherrschende Verteilung der Wetterlagen bestimmt, über die im Abschnitt 2.1., Niederschlag, berichtet wurde.

2.3.2. Windgeschwindigkeit

Auch die Windgeschwindigkeiten sind stark vom Relief abhängig. In den reich gegliederten Landschaftsformen des Südschwarzwaldes liegen daher Zonen mit großer und solche mit sehr kleiner Windgeschwindigkeit dicht nebeneinander. Hohe Windgeschwindigkeiten treten auf dem Feldberg-Massiv und den von dort ausgehenden Höhenrücken auf; das Jahresmittel übersteigt hier 6 m/sec. Auf den Hochflächen des Südschwarzwaldes

des beträgt das Jahresmittel der Windgeschwindigkeit 3 bis 4 m/sec. Ausgesprochen windschwach sind die tief eingeschnittenen Täler (Jahresmittel unter 2 m/sec.); allerdings können sich in Talabschnitten, die parallel zur herrschenden Luftströmung verlaufen, auch stärkere Winde einstellen.

Der Jahresgang der Windgeschwindigkeit auf den Bergen und in den Tälern ist der folgenden Zusammenstellung für Feldberg und St. Blasien zu entnehmen.

Tab. 25
Mittlere monatliche und jährliche Windgeschwindigkeit (m/sec)

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Jahr
Feldberg (1939 — 1943)	9.8	9.2	9.2	8.7	6.9	6.7	6.2	6.6	6.7	7.7	9.7	10.1	8.1
St. Blasien (1938 — 1940)	1.3	1.6	1.8	2.0	1.6	1.7	1.6	1.5	1.4	1.4	1.5	1.5	1.6

2.4. Bewölkung, Nebel, Luftfeuchtigkeit, Verdunstung

2.4.1. Bewölkung

Die Bewölkung zeigt in ihrer regionalen Verteilung von April bis September Ähnlichkeit mit derjenigen der Niederschlagssummen. Über den Höhen und an den Westhängen des Südschwarzwaldes, im Luv der Hauptwindrichtung, breitet sich stärkere Bewölkung aus als auf der Leeseite im Osten, über den Hochflächen des Südostschwarzwaldes. Auch von Oktober bis März ist dieses Verteilungsbild der Bewölkung, vor allem bei Westwetterlagen, recht häufig zu finden; doch tritt es im Monatsmittel nicht mehr in Erscheinung, da es von

einem anderen, für den Herbst und Winter typischen Verteilungsbild überlagert wird. Bei Hochdruckwetterlagen sind das Hochrheintal und der Oberrheingraben häufig von einer Hochnebeldecke überzogen, die durchschnittlich bis in 600 bis 800 m Seehöhe hinaufreicht. Auf den Bergen und Hochflächen herrscht an solchen Tagen sonnenscheinreiches Wetter mit nur geringer Bewölkung. Dieser große Unterschied in der Himmelsbedeckung hat zur Folge, daß die hochgelegenen Stationen des Schwarzwaldes im Winter etwas niedrigere Monatsmittel der Bewölkung als die Niederungen aufweisen.

Tab. 26
Monats- und Jahresmittel der Bewölkung (0 — 10)
Zeitraum: vorwiegend 1881 — 1930

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Jahr
Karlsruhe, 125 m	7.6	6.6	6.3	6.2	6.0	6.1	5.9	5.4	5.6	6.9	7.7	7.9	6.5
Freiburg, 290 m	7.2	6.5	6.4	6.4	6.0	6.1	5.7	5.3	5.6	6.6	7.6	7.7	6.4
Donau- eschingen, 693 m	6.9	6.3	6.2	6.3	6.0	6.0	5.6	5.3	5.8	6.6	7.4	7.4	6.3
St. Blasien, 785 m	6.6	6.1	6.3	6.6	6.1	5.9	5.4	5.0	5.3	6.2	6.9	7.3	6.1
Höchen- schwand, 1005 m	6.8	6.6	6.6	6.8	6.3	6.2	5.7	5.4	5.7	6.6	7.1	7.5	6.4

2.4.2. Nebel

2.4.2.1. Nebel auf den Höhen

Vor allem bei westlichen Luftströmungen liegt die Untergrenze der Wolken häufig so tief, daß die Schwarzwaldhöhen hineinragen und Nebel verzeichnen. Besonders nebelreich ist das Feldberg-Massiv; auf dem Feldberggipfel tritt im Durchschnitt an 250 Tagen im Jahr für kurze oder längere Zeit Nebel auf. Die Wolkenuntergrenze reicht auf der Westseite des Südschwarzwaldes bis auf 500 bis 600 m NN hinab. Auf der Ostseite, im Lee, hebt sie sich allmählich an, so daß sie über den nach Süden und Osten gerichteten Tälern des Feldberg-Gebietes bei 800 bis 1000 m Seehöhe liegt. Allerdings schwankt die Untergrenze; in seltenen Fällen können die Wolken bis auf die Talböden hinabrei-

chen. Typisch für den Raum unterhalb der Wolken-
decke sind die Nebelfetzen, die während oder nach dem Niederschlag an den Hängen entlangziehen.

2.4.2.2. Nebel in den Tälern

Charakteristisch für die Täler ist eine andere Nebelart, die sich vorwiegend in klaren Nächten bildet. Durch die verstärkte Ausstrahlung bei unbedecktem Himmel werden die unteren Luftschichten abgekühlt. Da die kalte Luft schwerer ist als warme, folgt sie bei geneigtem Gelände dem Gefälle und sammelt sich, weiterhin talabwärts fließend, im Talgrund. Durch die Abkühlung der Luft steigt der prozentuale Anteil der Luftfeuchtigkeit, bis es zur Sättigung und schließlich zur Nebelbildung kommt. Vielfach tritt die Nebelbildung dort zu-

erst ein, wo sich die im Talgrund abfließende Kaltluft an einem Hindernis, z. B. an einer Talverengung oder an quer zum Talboden angepflanzten Waldstreifen staut. Von diesen Stellen aus wächst die Nebelschicht talaufwärts an, so daß es den Anschein hat, als ob der Nebel das Tal hinaufzöge, obwohl die Luftströmung dem Gefälle folgt. Die Obergrenze dieser Talnebel richtet sich vielfach nach der Höhe der „Staumauer“, wenn nicht die allgemeinen Wetterbedingungen ein Aufquellen des Nebels veranlassen.

Während das Auftreten der Bergnebel an keine bestimmte Tageszeit gebunden ist, entstehen die Talnebel frühestens bei der abendlichen Abkühlung, wenn die Sonne das Tal nicht mehr erreicht, meist jedoch erst nach Mitternacht. Sie werden durch die Sonneneinstrahlung und die Erwärmung am Morgen wieder aufgelöst und sind an die Andauer des Kaltluftstromes gebunden, der meist als schwacher, talabwärts wehender Wind in Erscheinung tritt. Bei heiterem Wetter bilden sich nämlich lokale Windsysteme in den Tälern aus, bei denen — wie F. Schmolinsky (65) für St. Blasien im Albatal nachgewiesen hat — kurz nach Sonnenuntergang durch das Herabgleiten der Kaltluft der Wind mit geringen Geschwindigkeiten talabwärts gerichtet ist; 4 Stunden nach dem astronomischen Sonnenaufgang springt der Wind um und weht nun in entgegengesetzter Richtung das Tal aufwärts. Ähnliche Erscheinungen zeigen die Beobachtungen der Windrichtung von Lenzkirch im Haslachtal und von Neustadt im Gutachtal. Die Hauptwindrichtungen stimmen sowohl in Lenzkirch wie in Neustadt mit der Talrichtung überein; sie wehen als West bzw. Nordwest und geben zugleich die Richtung der talabwärts fließenden Kaltluft an.

Nach den bisherigen Nebelbeobachtungen zu urteilen, scheint das Tal bei Lenzkirch nebelarm zu sein. Häufiger dagegen tritt der Nebel in Neustadt auf, da aus

dem großen Einzugsgebiet der Gutach vom Feldberg bis zum Mittleren Schwarzwald bedeutend mehr Kaltluft herantransportiert wird. Diese kann in dem unterhalb Neustadt sich verengenden, bewaldeten Tal nicht, wie z. B. im Albatal, ungehindert abfließen, so daß es hier leichter zur Nebelbildung kommt.

2.4.2.3. Die Nebelverhältnisse von St. Blasien

Da immer wieder die Frage gestellt wird, ob und in welchem Ausmaß die Nebelbildung von einem See beeinflusst werden kann, sei hier eine Untersuchung über die Nebelverhältnisse in St. Blasien, in dessen Nachbarschaft der Albsee aufgestaut wurde, eingefügt.

Die Nebelangaben (Nebel = Sichtweite unter 1 km) hängen von den Möglichkeiten der Beobachter ab, den Wetterablauf zu verfolgen. Die dadurch entstehenden Unterschiede erschweren den Vergleich der Anzahl der Tage mit Nebel verschiedener Stationen. Aber selbst an der gleichen Station bleiben im Laufe der Jahre die Angaben nicht streng vergleichbar, weil sie von der persönlichen Auffassung des Beobachters beeinflusst werden, ob z. B. eine 30 m über dem Talboden beginnende Wolkendecke oder an den Hängen entlangziehende Nebelbänke bereits als Nebel aufgezeichnet werden sollen. Die Entscheidung ist oft schwierig; die Unterschiede in der Auffassung ergeben sich aber weniger bei den Talnebeln als bei den Wolkennebeln. Die nachstehend aufgeführte Nebelreihe der zeitweise von Meteorologen geleiteten Station St. Blasien zeigt mehrere Sprünge, die keine klimabedingten Änderungen der Nebelhäufigkeit bedeuten, sondern durch Beobachterwechsel und Stationsverlegungen erklärt werden müssen. Der Aufstau des Albsees im Jahre 1941 hat keinen Sprung in der Nebelhäufigkeit von St. Blasien zur Folge gehabt.

Die Nachprüfung, wie oft die Nebel über das 1.5 km

Tab. 27
Jährliche Zahl der Tage mit Nebel in St. Blasien
Bemerkungen: St. V. = Stationsverlegung
Bw. = Beobachterwechsel

Jahr	Nebel-tage	Bemer-kungen	Jahr	Nebel-tage	Bemer-kungen
1924	17		1939	14	
1925	11		1940	21	
1926	14		1941	41	mehrfach Bw.
1927	unvollst.	St. V., Bw.	1942	24	
1928	5		1943	17	
1929	1		1944	23	
1930	2		1945	unvollst.	Bw.
1931	1		1946	30	
1932	21	St. V., Bw.	1947	29	
1933	16		1948	21	
1934	19		1949	21	Bw.
1935	3		1950	13	
1936	17	St. V., Bw.	1951	21	
1937	27		1952	28	
1938	34		1953	20	

entfernte Abstaubecken talaufwärts nach St. Blasien ziehen können, konnte mit Hilfe der Richtungen der Winde an Nebeltagen (Tage, an denen zu irgendeiner Zeit Nebel aufgetreten ist) vorgenommen werden. Die Nebeltage der Jahre 1946 bis 1952 sind nach tiefliegen-

den Wolkennebeln und Strahlungsnebeln auf Grund der allgemeinen Wetterlage und des Tagesganges der Bewölkung über St. Blasien aufgegliedert und die dazu gehörenden Windverteilungen für die 3 Beobachtungstermine zusammengestellt.

2.4.4. Verdunstung

Im Kreislauf des Wassers, vor allem im sogenannten kleinen Kreislauf, spielt die Verdunstung eine wesentliche Rolle. Durch die Verdunstung über Wasser- und Landflächen sowie die Transpiration der Pflanzen wird der Lufthülle immer wieder neue Feuchtigkeit zugeführt, die sich dann auf dem weiteren Weg wieder als Regen niederschlägt. Nach F. Boettcher (8) wird dieser kleine Kreislauf etwa 30 bis 40 mal im Jahr durchlaufen. Nach seinen Angaben beträgt die Verdunstung im Mittel für das gesamte ehemalige Reichsgebiet etwa 70% des Niederschlags, während je 15% der Versickerung und dem oberirdischen Abfluß zukommen. Für das Gebiet der Bundesrepublik verändern sich diese Werte infolge Ausschaltung der Ostgebiete mit geringem Niederschlag und hoher Verdunstung auf folgende Werte: 50% Verdunstung, 10% Versickerung und 40% Abfluß. Diese Werte sind aber sehr stark örtlichen Einflüssen unterworfen und schwanken außerdem beträchtlich.

Für das langjährige Mittel gilt die einfachste Gleichung des Wasserhaushaltes:

Verdunstung (V) = Niederschlag (N) — Abfluß (A); sie ermöglicht die Berechnung der Verdunstung aus den Messungen des Niederschlags und des Abflusses. Den mit der Haushaltsgleichung berechneten Verdunstungsangaben haftet infolge der Unsicherheit der ihr zugrunde liegenden Messungen ein Fehler an, der nach E. Reichel (52) außerhalb der Gebirge mit etwa ±5 bis 10% veranschlagt werden muß. Im Gebirge wirkt sich bei der Berechnung von V außerdem das Auftreten von Rauheif und Nebeltraufe aus, da diese Wassermengen nach den üblichen Meßmethoden nicht in der Niederschlagsmenge (s. auch 2.1.1.1.), aber im Abfluß erscheinen und damit den Wert der Verdunstung herabsetzen.

Die Verdunstung ist vor allem eine Funktion der Lufttemperatur, des Niederschlags (Summe und Jahresgang) und der Windgeschwindigkeit. W. Nägeli (46) gibt an, daß V proportional zur Quadratwurzel der Windgeschwindigkeit ansteigt. Damit erlangt der Windschutz besonders für geringe Windgeschwindigkeiten eine besondere Bedeutung, weil dann die Zunahme von V am größten ist. Der Windschutz bewirkt gleichzeitig eine längere Benetzungsdauer des Taufalles, die bedeutungsvoller als die absolute Wassermenge ist.

Außer von den angegebenen meteorologischen Faktoren hängt die Verdunstung von der Feuchtigkeit und der Bewachsung des Bodens sowie vom Grundwasserstand ab. Aber kein Flußgebiet hat in seiner ganzen Erstreckung einheitliche Verhältnisse; die Verdunstung jedes Flußgebietes ist — wie W. Friedrich (17) sagt — ein Mosaik aus verschiedenen Zonen. In Teilgebieten mit hohem Grundwasserstand treten z. B. jährliche Verdunstungswerte von 650 bis 800 mm neben solchen mit niedrigem Werte von 330 bis 460 mm auf; daraus errechnet sich dann als „Gebietsmittel“ ein mittlerer Wert von etwa 450 mm. Der Einfluß der Vegetationsunterschiede in einem Niederschlagsgebiet läßt sich durch wenige Angaben (nach R. Demoll, 13) umreißen. Eine Birke verdunstet an einem feuchten, kühlen Tag 8 bis 10 Liter, an einem sonnigen, heißen Tag dagegen 400 Liter am Tag, ein Hektar Föhrenwald im Sommer etwa 33 cbm/Tag.

Angaben über die mittlere jährliche Verdunstung können den Arbeiten von E. Reichel (52 bis 54) und W. Wundt (80 bis 83) entnommen oder anhand der Angaben des letztgenannten Autors aus den Blättern 11 (mittlere jährliche Lufttemperatur) und 51 (mittlere jährliche Niederschlagssumme) des Klima-Atlas von Baden-Württemberg (33) berechnet werden. Die Ergebnisse unterscheiden sich kaum. Die mittlere jähr-

liche Verdunstung beträgt in den höheren Lagen des südlichen Schwarzwaldes etwa 300 bis 400 mm und nimmt zum Rheintal auf 500 bis 600 mm zu; die größeren Werte treten in der Oberrheinebene bei Freiburg auf, während das Hochrheintal etwa 520 bis 550 mm aufweist. Der Anteil der Verdunstung an der jährlichen Niederschlagsmenge nimmt also von etwa 15 bis 20% in den höheren Lagen des südlichen Schwarzwaldes auf 45 bis 55% im Hochrheintal zu; er beträgt um Freiburg etwa 55 bis 65% und nähert sich bei Breisach dem Wert von 100%. Danach ist die Verdunstung im Südschwarzwald also erheblich geringer als das Mittel der Bundesrepublik. Der Anteil des Abflusses wird dadurch wesentlich erhöht. Aus diesen Gründen eignet sich der südliche Schwarzwald besonders für die wasserwirtschaftliche Nutzung.

Die Verdunstung zeigt einen ausgeprägten Jahresgang mit einem Maximum im Sommer, einem Minimum im Winter. Von September bis April besteht kein nennenswerter Einfluß der Vegetation und des Grundwasserstandes auf die Verdunstung. In diesen Monaten erfolgt bis Februar die Hauptspeicherung des Niederschlags, während im März nach F. Meyer (45) Rücklage und Aufbrauch des Wassers im Gleichgewicht stehen und in den folgenden Sommermonaten der Aufbrauch dominiert.

Über den monatlichen Anteil an der mittleren jährlichen Verdunstung liegen Angaben von W. Friedrich (17) und E. Reichel (54) von Eberswalde, München-Bogenhausen und vom Mangfallgebiet vor, von denen hier die des letztgenannten Gebietes wiedergegeben werden sollen, da es die beste Ähnlichkeit mit den Verhältnissen des südlichen Schwarzwaldes aufweist. Diese Werte können jedoch nur als Näherung betrachtet werden, da im Schwarzwald auf den höheren Lagen ein anderer Jahresgang des Niederschlags als im Mangfallgebiet (Sommerregentyp) besteht.

Tab. 31

Mittlerer Jahresgang der Verdunstung (% der Jahressumme) für das Mangfallgebiet

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1	3	5	9	15	16	17	15	9	6	3	1

Danach entfallen 81% der jährlichen Verdunstung auf die Monate April bis September.

Die Verdunstung unterliegt ebenfalls wie der Niederschlag Schwankungen, die nach W. Friedrich (17) für die Jahressumme etwa von 80 bis 125% des Mittels reichen. Nach W. Haude (23) ist die Verdunstung in warmen Sommern mit reichlichen und gut verteilten Niederschlägen besonders groß, dagegen gering in regenarmen, warmen Sommern (der trockene Boden sperrt sich gegen die Wasserabgabe) oder sehr regenreichen Sommern (meist relativ kühl).

Auch über die zeitlichen Änderungen der Verdunstung liegen aus dem Untersuchungsgebiet oder vergleichbaren Lagen der Umgebung keine Unterlagen vor. In Potsdam nahm nach den Untersuchungen von B. Antonik und O. Branicki (3) die Verdunstung in den Jahren 1931 bis 1950 um 113 mm zu. Damit parallel verläuft in Potsdam eine Abnahme der relativen Feuchte, die aber nicht das Ausmaß wie die Zunahme der Verdunstung erreicht.

In Süddeutschland (ehem. US-Zone) stellt E. Reichel (53) eine Zunahme der Verdunstung in den Jahren 1946 bis 1951 von ungefähr 30 mm fest, die er auf eine mittlere Zunahme der Lufttemperatur von etwa 1° C während dieses kurzen Zeitraumes zurückführt.

Im Untersuchungsgebiet erreicht die Zunahme der Lufttemperatur, bezogen auf einen 60jährigen Zeitraum, etwa 0,5° C; die Verdunstungszunahme dürfte daher nur etwa 15 mm betragen. Dieser Wasserverlust kann in relativ trockenen Gebieten schon als merkbare Verschlechterung des Wasserhaushaltes angesehen werden. Innerhalb des Untersuchungsgebietes dürfte er aber kaum Bedeutung haben.

Über die Verdunstung des Schluchsees liegt eine Untersuchung von F. Schmolinsky (66) vor, der diese über die Wärmehaushaltsgleichung mit etwa 500 mm im Jahresmittel angibt. An heißen Sommertagen wird die Verdunstung der Seefläche bei einer mittleren Windgeschwindigkeit kaum 5 mm/Tag überschreiten. Die Verdunstung von freien Wasserflächen ist damit etwas größer als die des Bodens in gleicher Seehöhe, bleibt aber in den Becken des südlichen Schwarzwaldes infolge der geringeren Wasser- und Lufttemperatur geringer als in den meisten anderen Becken oder Seen.

2.5. Phänologie

Der im Jahresgang wechselnde Wachstumsstand der Vegetation ist wichtig zur Beantwortung der Frage, in welchen Monaten die Vegetation besondere Ansprüche an die Wasserversorgung stellt. Der Wasserbedarf der einzelnen Pflanzen weist in den verschiedenen Entwicklungsstufen große Unterschiede auf.

Die Phänologie befaßt sich mit den Wachstumserscheinungen im Pflanzenleben, besonders mit dem Eintritt markanter Entwicklungsphasen. Die Pflanzenentwicklung steht in enger Abhängigkeit von Bodenverhältnissen, Klima und Witterung. Es ist daher möglich, von den mittleren Verhältnissen auf die Gunst oder Ungunst des Klimas zu schließen.

Da in einzelnen Gebieten manche Pflanzen nicht wachsen oder nicht angebaut werden, geben die Daten nur die Termine an, die dort beim Vorhandensein auftraten würden.

Verteilungskarten der wichtigsten phänologischen Phasen sind im Klima-Atlas von Baden-Württemberg (Blätter 67 bis 74) enthalten, auf den wieder besonders verwiesen wird.

Der Vorfrühling, charakterisiert durch den mittleren Beginn der Schneeglöckchenblüte, zieht im Hochrheintal und in einer kleinen Zone der Wutachschlucht vor dem 1. 3. ein, im übrigen Wutachtal vom 1. bis 10. 3. und verspätet sich bis zu den höheren Lagen des südlichen Schwarzwaldes auf die Tage nach dem 21. 3.

Mit der Apfelblüte beginnt der Vollfrühling, und zwar im Hochrheintal zwischen dem 30. 4. und 5. 5.; im Wutachtal aufwärts verzögert sich dieser Termin bis zum 25. 5., während er in den höheren Lagen erst nach dem 25. 5. eintritt.

Beendet wird der Vollfrühling durch den Kartoffelaufgang, und zwar im Hochrheintal vom 20. bis 25. 5., im Tal der Wutach bis Neustadt vom 25. bis 30. 5., in den höheren Lagen erst nach dem 4. 6.

Die Winterroggenblüte leitet den Frühsommer ein. Für Hochrhein- und unteres Wutachtal gilt die Zeit vom 30. 5. bis 4. 6. als mittleres Datum. Wutachaufwärts verspätet sich dieser Termin bis Neustadt etwa zum 19. 6., in den höheren Lagen bis nach dem 19. 6.

Die Winterroggenernte stellt das Ende des Hochsommers dar. Folgende Daten gelten für die einzelnen Gebiete: Hochrheintal 19. bis 24. 7., im Wutachtal bis zur Wutachschlucht zunehmende Verspätung bis zum 13. 8., in den höheren Lagen erst nach dem 18. 8.

Der Spätsommer beginnt mit der Haferernte, die im Hochrheintal und am Unterlauf der Wutach durch-

schnittlich vom 8. bis 13. 8. erfolgt, flussaufwärts zur Wutachschlucht zunehmend bis zum 23. 8. und auf den höheren Lagen erst nach dem 28. 8. vonstatten geht.

In den Vollherbst fällt die Winterroggenaussaat, die im Durchschnitt am spätesten im Mittellauf der Wutach zwischen dem 7. 10. und 17. 10. stattfindet, im Hochrheintal und dem übrigen Wutachtal dagegen vom 27. 9. bis 7. 10. und auf den höheren Lagen schon vor dem 17. 9.

Die vorstehenden Daten zeigen deutlich die Verschiebung der Termine mit zunehmender Seehöhe, da bei der Entwicklung der Pflanzen die Temperatur die entscheidende Rolle spielt. Aus dem Zusammenwirken mit den Niederschlagsverhältnissen in den verschiedenen Entwicklungsstufen ergibt sich dann die Grundlage für die Erträge.

Die günstigsten Daten weist im allgemeinen das Hochrheintal auf, dem der Unterlauf der Wutach folgt, während sich die Verhältnisse im Wutachtal aufwärts sowie allgemein mit steigender Seehöhe zunehmend ungünstiger gestalten.

3. Welche Änderungen des Klimas sind durch die bestehenden Anlagen eingetreten bzw. durch die weiteren Planungen zu erwarten?

3.1. Makroklima

In den vorstehenden Ausführungen wurden die klimatischen Verhältnisse des südlichen Schwarzwaldes nach räumlicher Verteilung und zeitlichem Verlauf dargestellt. Als Kennzeichen trat vor allem die große Variationsbreite aller Klima-Elemente hervor, ein charakteristischer Zug unseres mitteleuropäischen Klimas. Besonderer Wert wurde auf die Erfassung der Ursachen von Klima-Änderungen und Klima-Verwerfungen gelegt zur Beleuchtung der Frage, ob die bereits bestehenden Anlagen des Schluchseewerkes das Klima des Südschwarzwaldes verändert haben. Die bei einzelnen Klima-Elementen gefundenen Änderungen, die solche Vermutungen auslösen, beschränken sich nicht auf den Südschwarzwald, sondern umfassen weitaus größere Räume. Die Ursachen liegen in Schwankungen und Veränderungen der allgemeinen Zirkulation in der Lufthülle der Erde, sind also von weltweit gültigen Gesetzen bestimmt. Diese Zirkulation wird von Naturkräften angetrieben, die selbst im Atomzeitalter alle von Menschen beherrschten Energiequellen weit übertreffen. Deshalb ist es unmöglich, die klimatischen Bedingungen eines Raumes von der Größe des Untersuchungsgebietes durch Eingriffe, die mit den heutigen technischen Möglichkeiten vorgenommen werden können, so zu verändern, daß der Ausdruck „Klima-Änderung“ angebracht wäre.

Aus diesen Gründen hatten die Vergrößerung des Schluchsees und die Anlage von künstlichen Staubecken sowie die verringerte Wasserführung der Bäche unterhalb der Staumauern keinerlei Verwerfungen in den Klimareihen zur Folge. Auch die geplante Gutach/Haslach-Beileitung und die geplanten Anlagen des Hotzenwaldwerkes werden keine nachweisbaren Einflüsse auf das Makroklima des südlichen Schwarzwaldes ausüben können.

In einigen Stellungnahmen (5, 6, 14) zur Planung der Gutach/Haslach-Beileitung und des Hotzenwaldwerkes zieht man als Vergleich die Auswirkungen von Grundwassersenkungen am Oberrhein (Rheinseitenkanal), in den USA und der UdSSR heran. Hierbei ist übersehen worden, daß weder das Klima des Südschwarzwaldes noch die Grundwasserverhältnisse in den kaum ausgebildeten Talböden der engen Schwarzwaldtäler vergleichbar sind mit den Verhältnissen im breiten Ober-

rheingraben oder in den weiten Ebenen Amerikas und Rußlands. Im mittleren Westen Amerikas beträgt die mittlere Julitemperatur 22 bis 26° C, die mittleren Jahressummen des Niederschlags erreichten nur 400 bis 700 mm; die entsprechenden Werte für Südrubland lauten 21 bis 25° C und weniger als 500 mm. Gleiche Maßnahmen und Änderungen gleicher Größe im Wasserhaushalt haben in diesen sommerwarmen, trockenen Ebenen wesentlich andere Wirkungen zur Folge als im sommerkühlen, niederschlagsreichen Schwarzwald. Das ozeanisch beeinflusste Klima bewahrt, wie auch F. Boettcher (8) bemerkt, Mitteleuropa vor derart verbreiteten Schäden wie in den USA. Hier in Mitteleuropa sind nur räumlich eng begrenzte Schadenflächen bekannt, wie z. B. das von der Grundwasserabsenkung betroffene Gebiet in der Oberrheinebene oberhalb Breisach, das infolge der Sommerwärme (Juli 18 bis 19° C) und der verhältnismäßig geringen Niederschlagsmenge (600 bis 700 mm jährlich) bereits Schäden in der Vegetation aufweist. Dieses Gebiet ist jedoch zu klein, um einen Einfluß auf das Makroklima ausüben zu können.

3.2. Lokal- und Mikroklima

Wenn auch das Makroklima West- und Mitteleuropas mit technischen Maßnahmen zur Zeit nicht zu beeinflussen ist, so liegt es im Bereich der Möglichkeiten, das Lokalklima oder das Mikroklima in geringem Maße zu verändern. Zum Beispiel kann die Frostgefährdung eines Tales zwar nicht ausgeschaltet, aber doch vermindert werden entweder durch Abdämmen der Kaltluftzugsgebiete, durch Erwärmen der auf dem Talboden entlangfließenden Kaltluft über einer Seefläche oder durch Beseitigung der Hindernisse (Waldstücke im Talgrund). Im vorliegenden Fall ist die Form der in das ursprüngliche Landschaftsgefüge eingreifenden Anlagen z. T. bereits gegeben; es sind nun die Möglichkeiten ihres Einflusses auf das Lokalklima abzuwägen.

3.2.1. Staubecken

Der Einfluß der Stauseen auf das Klima ihrer Umgebung beruht im wesentlichen auf der thermischen Trägheit des Wassers und dem sich dadurch ergebenden Unterschied in den Tages- und Jahresgängen von Lufttemperatur und Wassertemperatur. Die Seeflächen wirken in geringem Maße ausgleichend auf die Temperatur der sie überströmenden Luft, besonders bei kleinen Windgeschwindigkeiten. Während der Nacht und in den Herbstmonaten, wenn die Luft kälter als das Wasser ist, gibt der See Wärme ab, so daß die nächtlichen Minima der Lufttemperatur nicht so tief absinken wie außerhalb seines Einflußbereiches. Der abkühlende Effekt des Wassers ist dagegen geringer, weil tagsüber die Turbulenz für eine stärkere Durchmischung der Luft sorgt. Die Flächen der Staubecken sind im Vergleich zum umgehenden Land verhältnismäßig klein; ihr thermischer Einfluß beschränkt sich daher nur auf den Ufersaum und auf den Talboden unterhalb der Staumauer.

Da der Stausee einen erhöhten, glatten „Talboden“ darstellt, wird der Wind auf dieser Strecke nicht wie oberhalb und unterhalb durch den bewachsenen, unebenen Talgrund gehemmt, so daß eine Zunahme der Windgeschwindigkeit, besonders bei nächtlichen Talabwinden, festzustellen ist.

Gegen den Einwand, daß der zur Zeit des Tiefstandes der Staubecken im Spätwinter freigelegte, schlammbedeckte Seeboden einen unerfreulichen Anblick bietet, kann angeführt werden, daß während dieser Zeit die Landschaft durchschnittlich mit Schnee bedeckt ist. Die

Schneedecke schmilzt in 800 m Seehöhe durchschnittlich erst etwa Mitte März ab, doch bilden sich auch im April noch wiederholt mehrere Tage anhaltende Schneedecken.

Die Schneeschmelzwässer, deren ungehinderter Abfluß die Frühjahrshochwasserspitze zur Folge hat, werden von den Staubecken aufgefangen und tragen zur Auffüllung bei.

Über die klimatische Auswirkung eines Staubeckens auf das Lokalklima seiner Umgebung liegt bereits ein Gutachten von A. Peppeler (47) vor, das für die Aufstauung der Alb unterhalb von St. Blasien erstellt wurde. Der Inhalt dieses Gutachtens kann sinngemäß auf andere Staubecken übertragen werden, da er allgemein gültig ist. W. Kreuz (40) kam bei klein-klimatischen Untersuchungen an und auf dem angestauten Forggensee bei Füssen zu folgendem Ergebnis:

Über dem See ist die nächtliche Abkühlung kleiner als in der Uferzone und dem anschließenden Gelände. Die Windgeschwindigkeit über dem See ist im Gegensatz zur vorherigen rauhen Oberfläche der Lechniederung mit ihrem Baumbestand etwas größer. Die Speicherung des Lechs dürfte keinen Eingriff in die dort allgemein herrschenden Klimaverhältnisse bedeuten, nur die ufernahen Zonen dürften eine geringe Verbesserung zu erwarten haben.

Auch G. Hellmann (26) erhielt bei Untersuchungen über den Einfluß eines 860 ha großen Sees bei Eisleben auf das Klima seiner Umgebung ähnliche Resultate.

In diesem Zusammenhang sei noch der Einfluß des Stausees Lindau auf die Nebelhäufigkeit des heilklimatischen Kurortes Todtmoos untersucht. Hierbei kann zunächst auf die Ausführungen über den Nebel (s. 2.4.2.) Bezug genommen werden.

Im einzelnen ist folgendes festzustellen:

Der Nebel im oberen Schwarzenbächletal in der Umgebung von Lindau hat zum größten Teil seine Ursache in den dem Gelände aufliegenden Wolkendecken; er tritt vorwiegend bei westlichen Winden auf, und zwar vor, während oder nach Niederschlägen, wie Auszählungen der Nebelbeobachtungen in vergleichbaren Lagen zeigen.

Gelegentlich können in der weiten Talmulde unterhalb Lindau in klaren Nächten bei Windstille oder sehr schwacher Luftbewegung flache Nebel über den Wiesen entstehen, die sich am Morgen bald auflösen. Da das Einzugsgebiet der Ausstrahlungskaltluft um Lindau sehr klein ist, erscheint es unwahrscheinlich, daß der Nebel die gesamte Talmulde erfüllt.

In Todtmoos, besonders in den höher gelegenen Ortsteilen, wird der Nebel wie auch bei Lindau vorwiegend durch tiefe Wolken verursacht. Daneben ist gelegentlich in klaren Nächten Nebel im Talgrund der Wehra zu erwarten.

Die Hochnebel über dem Hochrheintal erreichen weder Lindau noch Todtmoos, wenn sie auch bei großer Mächtigkeit zuweilen auf die Hochflächen des Südschwarzwaldes übergreifen und in die Täler eindringen können.

Die Anlage eines Speichersees bei Lindau wird an der Häufigkeit des Wolkennebels in Todtmoos nichts ändern, zumal dieser Nebel vorwiegend bei Winden aus westlichen Richtungen auftritt.

Damit bleibt nur noch der auf Grund der Voraussetzungen unwahrscheinliche Fall zu erörtern, daß der in klaren Nächten bei Lindau entstehende Nebel derartig mächtig wird, daß er die umgebenden Randhöhen übersteigt und überfließt. Bei dem Höchststand des Wassers im Speicherbecken (934 m über NN) müßte die

Nebeldecke mindestens 76 m dick werden, um die niedrigste Einsattlung in 1010 m Höhe im Höhenzug zwischen Schwarzenbächle- und Wehra-Tal zu erreichen. Erst nach weiterem Anwachsen würde die Nebeldecke am Paß überquellen; Ostwind wäre dann notwendig, um den Nebel in das Wehratal hinabzutreiben. Beim Absteigen aber würde sich die Luft erwärmen und der Nebel würde bald nach Überströmen des Sattels aufgelöst sein.

Es ist also nicht zu befürchten, daß ein Stausee bei Lindau in irgendeiner Weise das Klima von Todtmoos beeinflusst.

3.2.2. Einzugsgebiete oberhalb der Staubecken

Die Höhen und Täler oberhalb der Staubecken bleiben außerhalb des thermischen Einflußbereiches der Wasserflächen. Da in den in Frage kommenden Tälern im östlichen Teil des Untersuchungsgebietes die nächtlichen lokalen Talabwinde mit der allgemeinen Hauptwindrichtung über Süddeutschland annähernd übereinstimmen, bleibt der Prozentsatz der talaufwärts wehenden Winde an sich schon verhältnismäßig klein. Außerdem treten die östlichen Talaufwinde vorwiegend tagsüber auf, so daß bei der zu dieser Tageszeit herrschenden Luftdurchmischung der Einfluß des Sees wenige 100 m talaufwärts nicht mehr feststellbar ist. So wäre auch eine Beeinflussung des Klimas von St. Blasien durch das unterhalb gelegene Albstaubecken bereits auf Grund der im Tal herrschenden Windrichtungen nur in 10 bis 15% aller Fälle möglich, wenn nicht die Entfernung von 1,5 km einen Einfluß von vornherein ausschloße.

Auf Ansammlungen der Kaltluft in Talabschnitten oberhalb des Beckens hat der Stausee insofern einen Einfluß, als die talabwärts gleitende kalte Luft über der Seefläche ungehinderter und damit schneller abfließen kann als über dem bewachsenen Talboden, so daß sich zunächst kein Kaltluftsee bildet. Erst an Hindernissen unterhalb des Stausees wird der Kaltluftabfluß verzögert, so daß sich von dort aus allmählich ein Kaltluftsee talaufwärts ausbreitet, auch das Staubecken und den Talboden oberhalb überflutet und, wenn die meteorologischen Voraussetzungen gegeben sind, als Nebel sichtbar wird. Bei starkem Absenken des Seespiegels wird die nachts talabwärts fließende Kaltluft durch die dann hoch aufragende Sperrmauer gestaut. Das höher temperierte Seewasser vermag infolge des während der Nacht herabgesetzten Austausches nur die untersten Luftschichten zu erwärmen und beeinflusst die das gesamte Staubecken anfüllende kalte Luft kaum. Wie auch in anderen Kaltluftansammlungen kann sich im Bereich des Staubeckens eine flache Nebeldecke bilden und somit eine gegenüber der Umgebung etwas größere Nebelhäufigkeit auftreten.

Danach ist auch zu vermuten, daß der Aufstau der Kaltluft im Gutachtal, der jetzt durch das sich verengende und von Waldstreifen durchsetzte Tal unterhalb Neustadt eintritt, nach Anfüllen des Staubeckens der Gutach/Haslach-Beileitung erst zu Beginn der bewaldeten Wutachschlucht einsetzt. Dadurch wird der Termin des Eintauchens von Neustadt in die Kaltluft verzögert, vielleicht auch die Obergrenze der Kaltluft gesenkt. Die schwache Luftzirkulation über dem Staubecken, die sich beim Ansammeln der vor allem aus dem Gutachtal kommenden nächtlichen Kaltluft ausbildet, ist noch nicht zu übersehen. Im ungünstigsten Fall könnte dadurch evtl. in Lenzkirch eine geringfügige Zunahme der morgendlichen Nebelhäufigkeit eintreten, ohne damit aber die Nebelarmut dieses Ortes wesentlich zu verändern.

3.2.3. Talstrecken unterhalb der Staumauer

Bei den Anlagen des Schluchseewerkes und des Hotzenwaldwerkes enthält das Bachbett unterhalb der Staumauer z. T. zunächst nur die behördlich festgelegte Wassermenge. Das zur Wasserkraftnutzung freigegebene Wasser wird in Stollen abgeleitet. Das Bachbett der Schwarza unterhalb der Schluchseemauer ist sogar völlig trocken; es bleibt aber nur wenige hundert Meter in diesem Zustand; dann regeneriert sich der Bach durch den von den Hängen ablaufenden Niederschlag und durch den Zufluß von Quellen. Auf diese Weise verringert sich flußabwärts mit zunehmender Entfernung von der Staumauer der prozentuale Anteil des dem Fluß entzogenen Wassers an der ursprünglichen Wasserführung.

Die Frage, ob das Grundwasser in engen, steilwandigen Tälern mit kaum ausgebildeter Talsohle merklich absinkt, wenn das fließende Wasser völlig oder teilweise entzogen wird, ist ein hydrologisches Problem; für das Lokalklima des niederschlagsreichen Südschwarzwaldes ist diese Frage dagegen von untergeordneter Bedeutung. Die hohe Luftfeuchtigkeit in den engen eingeschnittenen Tälern entsteht nur zum geringsten Teil durch die Verdunstung von der freien Wasseroberfläche des Baches. Sie beruht hauptsächlich auf der Verdunstung vom Boden und besonders von der ausgedehnten Oberfläche des Blätterwerks nach den häufigen Niederschlägen. Die Transpiration der Vegetation verzögert auch den Rückgang der hohen Luftfeuchtigkeit in der niederschlagsfreien Zeit. Da die mit Feuchtigkeit angereicherte Luft — infolge der verminderten Luftbewegung im engen Tal — außerdem nur langsam abtransportiert wird, ist es erklärlich, daß H. Walter (79) im Vegetationsbild des engen Schwarzatal unterhalb der Schluchseesperre keine Anzeichen fand, die eine Änderung der Vegetation im Sinne einer Austrocknung andeuten.

Nach allgemeinen und den im Schwarzatal gewonnenen besonderen Erfahrungen ist auch in der Wutachschlucht nach Errichtung des Staubeckens am Zusammenfluß von Gutach und Haslach sowie in den engen Talstrecken unterhalb der Staumauern vom Ibach- und Seelbach-Becken mit keiner merklichen Änderung des Lokalklimas zu rechnen. Die meist aus westlichen Richtungen kommenden Winde überströmen die Täler und dringen nur in Talstrecken, die parallel zur gerade herrschenden Windrichtung verlaufen und deshalb der Luftströmung zugänglich sind, etwas tiefer ein, erreichen jedoch selten den Talgrund. Dadurch bleibt die im Verhältnis zur weiteren Umgebung stets höhere Luftfeuchtigkeit der eingeschnittenen Talstrecken erhalten und damit auch das derzeitige Standortklima. Der Entzug eines Teiles des fließenden Wassers ändert hieran nichts.

In welchem Ausmaß Veränderungen des Lokal- und Mikroklimas durch Entzug des Fließwassers in Tälern mit breiten, ebenen Talböden entstehen, läßt sich nur schwer abschätzen, da entsprechende Beispiele für den Vergleich fehlen. Die bekannten Schäden auf breiten Talauen sind meist nicht durch Wasserentzug im oberen Einzugsgebiet, sondern durch Kanalisation des Flusses und den dadurch beschleunigten Wasserabfluß verursacht. Die von den Menschen unbeflußten Änderungen der Wasserführung in Tälern haben seit der Eiszeit zu keiner Versteppung geführt. Weder das breite Tal der Urdonau in der Fränkischen Alb, in dem jetzt die wesentlich wärmeren Altmühl fließt, noch die zahlreichen Beispiele der jetzt flußlosen Talauen um einstige Umlaufberge lassen Trockenschäden erkennen.

Die von R. Demoll (14) geäußerten Befürchtungen über die „Versteppung“ gehen von einem Rückgang des Taufalles durch das Absinken des Grundwasser-

spiegels aus und stützen sich auf die nicht haltbare Theorie, daß der aus dem Grundwasser aufsteigende Wasserdampf sich als Tau am Gras niederschlägt. Nach langen Beobachtungen und experimentellen Untersuchungen sind für den Taufall vielmehr die Sättigungstemperatur, die Feuchtigkeit der bodennahen Luftschicht sowie deren Abkühlung durch den Erdboden infolge Ausstrahlung entscheidend. Diese Faktoren werden aber weder von der geplanten Gutach/Haslach-Beileitung noch der Anlage des Hotzenwaldwerkes beeinflusst, so daß ein merkbarer Rückgang der Taubildung nicht zu erwarten ist.

Für das Wutachtal unterhalb der Flühen kann unter der Annahme, daß die für die Wutach vorgesehene Wassermenge einerseits zur Speisung der Bewässerungsgräben ausreicht, andererseits zumindest die Flußsohle ganz bedeckt, geschlossen werden, daß in der Talaue die klimatischen Änderungen sehr gering sein werden; sie werden weder im Landschaftsgepräge noch im natürlichen oder künstlichen Vegetationsbild in Erscheinung treten.

Mit Hilfe der Messungen an den Klimastationen Wutöschingen und Hottingen, die 1954 vom Deutschen Wetterdienst eingerichtet wurden, und der seit 1936 bestehenden Niederschlagsmeßstelle Eberfingen bzw. der in Rickenbach (seit 1954) ergibt sich später die Möglichkeit zu untersuchen, ob der Wasserentzug nach Fertigstellung der Staubecken entgegen den bisherigen wissenschaftlichen Erkenntnissen einen etwas größeren Einfluß, als hier angenommen, hat.

4. Zusammenstellung der wichtigsten Ergebnisse

Die eingehende Analyse der Klima-Elemente auf ihre räumlichen und zeitlichen Unterschiede bildete die Grundlage, um mögliche Rückschlüsse auf Änderungen des Makroklimas und des Lokalklimas in denjenigen Teilen des südlichen Schwarzwaldes ziehen zu können, in denen Anlagen des Schluchseewerkes bereits bestehen oder geplant sind (Gutach/Haslach-Beileitung, Hotzenwaldwerk).

Die wesentlichsten Ergebnisse der Untersuchung:

- 1) Die großen Niederschlagsmengen, die jährlich im Bereich der bestehenden und geplanten Anlagen des Schluchseewerkes bzw. Hotzenwaldwerkes fallen, begünstigen die wasserwirtschaftliche Nutzung der wasserreichen Bäche und Flüsse.
- 2) In den Niederschlagsgebieten von Gutach und Haslach sowie des Hotzenwaldwerkes werden im Dezember die größten mittleren Monatssummen des Niederschlages erreicht; ein sekundäres Maximum im Jahresgang tritt im Juni/Juli auf. Dagegen überwiegen im Wutach- und Hoahrhein-Gebiet eindeutig die Sommerniederschläge. Dies wirkt sich für die Vegetation recht günstig aus, da dadurch gerade in den Sommermonaten, in denen der Niederschlag von den Pflanzen benötigt wird, der größte Teil der Jahresmenge in den niederen und „niederschlagsärmeren“ Lagen zur Verfügung steht. Der Hotzenwald hat eine sehr große mittlere Niederschlags-summe pro m²; aber auch das Hoahrheingebiet ist noch als niederschlagsreich zu bezeichnen.
- 3) Günstig wirkt sich ferner aus, daß — vor allem in den niederschlagsreichen höheren Lagen — der Anteil der Verdunstung an der Niederschlagssumme wesentlich kleiner ist als der entsprechende Mittelwert für die gesamte Bundesrepublik.
- 4) In den langen Beobachtungsreihen der Klima- und Niederschlagsstationen im südlichen Schwarzwald ließen sich keine Klimaänderungen nachweisen, die mit dem Aufstau des Schluchsees und den später in

Betrieb genommenen Anlagen zusammenhängen. Alle feststellbaren Klimaänderungen erfassen weit-aus größere Räume.

- 5) Die von gewisser Seite (5, 6, 14) geäußerten Befürchtungen, es könne eine „Versteppung“ des südlichen Schwarzwaldes durch die geplanten Anlagen eintreten, sind unbegründet, da die zum Vergleich zitierten Landschaften anderen Klimagebieten angehören (geringe Niederschläge, warme Sommer).
- 6) Für den Bereich der bereits bestehenden Anlagen des Schluchseewerkes wurde festgestellt:
 - a) Im unmittelbaren Bereich der Stauseen wird die tägliche und jährliche Schwankung der Lufttemperatur abgeschwächt und die Windgeschwindigkeit über der Seefläche geringfügig erhöht.
 - b) Bei starkem Absenken des Seespiegels kann im Stauseebecken in klaren Nächten Nebel entstehen, weil die dann hoch über die Wasserfläche hinausragende Staumauer für die talab fließende Kaltluft ein Hindernis darstellt. Dieser Nebel ist auf das unmittelbare Stauseegebiet beschränkt. Die allgemeine Nebelbildung bleibt von der Anlage der Stauseen unbeeinflusst.
 - c) Die relative Zunahme der Nebelhäufigkeit in St. Blasien steht in keinem Zusammenhang mit der Errichtung des Albstausees, sondern ist durch die zunehmende Beobachtungsgenauigkeit bedingt. St. Blasien gilt nach wie vor als nebelarm.
 - d) Zur Zeit des winterlichen Tiefstandes der Jahresbecken überzieht meist eine Schneedecke den dann vom Wasser nicht überfluteten Seeboden. Die Schneeschmelze zerstört zwar diese Decke, trägt aber andererseits zum rascheren Auffüllen der Staubecken bei.
 - e) Die Talböden oberhalb der Stauseen werden klimatisch günstig insofern beeinflusst, als die nächtliche Kaltluft über der glatten Seeoberfläche schneller abfließen kann.
- 7) Für die geplante Gutach/Haslach-Beileitung und das Hotzenwaldwerk wurde folgendes festgestellt:
 - a) In der Umgebung der Stauseen sind die gleichen Auswirkungen zu erwarten wie unter 6) a, b, d und e angegeben.
 - b) Durch den Stausee der Gutach/Haslach-Beileitung wird der sich bei Neustadt ansammelnden nächtlichen Kaltluft die Möglichkeit gegeben, schneller als bisher abzuffließen, so daß die Temperaturen, vor allem die Minima, nicht mehr so tief absinken werden.
 - c) Auch für die Tagesbecken gelten die unter 6) a, b und e angeführten Auswirkungen.
 - d) Im Ibach- und Gaismattbecken, aus denen während der Nacht das Wasser in die Hochspeicher Stausee Lindau und Hornbergbecken gepumpt wird, könnten, wie unter 6) b geschildert, bei geeigneter Wetterlage örtliche, in ihrer Ausdehnung eng begrenzte Nebelfelder entstehen.
 - e) In der unterhalb der Staumauer beginnenden Wutachschlucht sind keine klimatischen Änderungen zu erwarten. Die Eigentümlichkeiten des Lokalklimas in der Schlucht werden im wesentlichen durch die Landschaftsform bestimmt: Die stark verminderte Luftbewegung bedingt hohe Werte der Luftfeuchtigkeit. Die Menge des Wassers im Flußbett ist hieran unbeteiligt. Die Wutach wird — soweit bekannt — außerdem eine bedeutend höhere Pflichtwassermenge erhalten als die Flüsse, an denen bereits Anlagen des Schluchseewerkes errichtet wurden.

- f) Auch auf dem breiten Talboden der Wutach unterhalb der Flühen werden praktisch keine Änderungen des Lokalklimas auftreten, da die Wutach und die Bewässerungsgräben weiterhin Wasser führen sollen. Ein Rückgang des Tafalles ist nicht zu erwarten.
- g) In den engen Talstrecken unterhalb der Stau-
mauern vom Stausee Lindau, Ibach- und Seel-
bach-Becken und im Murgtal unterhalb der Fas-
sung bei Hottingen sind keine klimatischen Än-
derungen zu erwarten. Die Eigentümlichkeiten
des Lokalklimas in den schluchtartigen Talstrek-
ken von Seelbach, Murg, Ibach und Alb werden
im wesentlichen durch die Landschaftsform be-
stimmt: Die stark verminderte Luftbewegung
bedingt hohe Werte der Luftfeuchtigkeit. Die
Menge des Wassers im Flußbett ist hieran unbe-
teiligt.
- h) Die auf der Südabdachung des Hotzenwaldes an-
gelegten Bewässerungsgräben, die Wuhren, blei-
ben von den Anlagen des Hotzenwaldwerkes un-
berührt.
- i) Auch auf dem breiten Talboden der Wehra un-
terhalb der Schlucht werden keine Änderungen
des Lokalklimas auftreten, da der Wehra bis auf
einen Teil der Hochwässer kein Wasser entzogen
werden soll.
- 8) Die Untersuchung führt zu dem Schluß, daß die ge-
plante Gutach/Haslach-Beileitung und die Anlagen
des Hotzenwaldwerkes sowohl im Bereich der Stau-
becken als auch in der Wutachschlucht und dem an-
schließenden breiten Tal der Wutach bis zur Mün-
dung bzw. in den Talstrecken unterhalb der Stau-
mauern nur unwesentliche lokalklimatische Ände-
rungen hervorrufen können.

Literatur

(nach dem Stand bei Abschluß der Gutachten im Jahre 1955)

- (1) Aichele, H.: Die klimatischen Bedingungen für den Zwischenfruchtbau in Baden. Ber. Dt. Wetterd. US-Zone Nr. 42, 398 (1952)
- (2) Aniol, R.: Mittlere Zahl der Tage mit Gewitter in Süddeutschland, Mitt. Dt. Wetterd. US-Zone Nr. 10, (1951)
- (3) Antonik, B. u. Branicki, O.: Ergebnisse 50jähriger Beobachtungen mit dem Wild'schen Evaporimeter in Potsdam. Ber. Dt. Wetterd. US-Zone Nr. 42, 73 (1952)
- (4) Arbeitsgemeinschaft „Heimatschutz Schwarzwald“: Rettet die Wutachschlucht! Freiburg i. Br.
- (5) Arbeitsgemeinschaft „Heimatschutz Schwarzwald“: Trockenlegung des südlichen Schwarzwaldes. Freiburg i. Br. Juli 1953
- (6) Badischer Fremdenverkehrsverband e. V.: Denkschrift zu der Diskussion über die geplanten „Beileitungen“ der Hauensteiner Murg, des Ibaches und der Wutach durch die Schluchseewerk AG. Freiburg i. Br.
- (7) Baur, F.: Die Ursachen der geringen Nebelhäufigkeit St. Blasien. Mitt. Wetter- u. Sonnenwarte St. Blasien 48 (1924)
- (8) Boettcher, F.: Der Kreislauf des Wassers in Natur u. Wirtschaft. Frankfurt 1953
- (9) Brose, K.: Über Schneeverhältnisse der letzten 50 bis 60 Jahre im mittleren und südlichen Westdeutschland. Ber. Dt. Wetterd. US-Zone Nr. 38, 171 (1952)
- (10) Burger, H.: Einfluß des Waldes auf den Stand der Gewässer. V. Mitt.: Der Wasserhaushalt im Sperbel- und Rappengraben von 1942/43 bis 1951/52. Mitt. Schweiz. Anst. f. Forstl. Versuchswesen 31, 1. H., 9 (1954)
- (11) Busse, W.: Das Klima des südlichen Schwarzwaldes und der Baar. Wiss. Arb. Dt. Meteor. Dienst Franz. Bes. Geb. 1, 5 (1947)
- (12) Creutzburg, N.: Das Klima. In: Freiburg und der Breisgau. Ber. Naturf. Ges. Freiburg 44, 62 (1954)
- (13) Demoll, R.: Biologische Folgen eines gestörten Wasserhaushaltes. Gas- u. Wasserfach 92, 295 (1951), Ausg. Wasser
- (14) Demoll, R.: Trockenlegung des südlichen Schwarzwaldes. Gutachten Juni 1951, Verein d. d. Bau u. Betrieb d. Schluchseewerkes Betroffenen, e. V. Säckingen
- (15) Flohn, H.: Witterung und Klima in Mitteleuropa. Forsch. dt. Landeskd. 78 (1954)
- (16) Föge, A.: Die Winterhochwasser 1947/48 in Südwestdeutschland. Wetter u. Klima 1, 210 (1948)
- (17) Friedrich, W.: Über die Verdunstung vom Erdboden. Gas- und Wasserfach 91, 289 (1950), Ausg. Wasser
- (18) Geiger, R.: Das Klima der bodennahen Luftschicht. 3. Aufl. Braunschweig 1950
- (19) Grunow, J.: Zum Wasserhaushalt einer Schneedecke. Messungen der Schneedichte beim Observatorium Hohenpeißenberg. Ber. Dt. Wetterd. US-Zone Nr. 38, 385 (1952)
- (20) Hartmann, W.: Schichtgrenzen und Wolkenbildung in der freien Atmosphäre. Abh. Bad. Landeswewa Nr. 2 (1922)
- (21) Hartmann, W.: Waren die Winter früher schneereicher? Wetterkarte f. d. südl. u. östl. Niedersachs., Februar 1950
- (22) Haude, W.: Verdunstungsmenge und Evaporationskraft eines Klimas. Ber. Dt. Wetterd. US-Zone Nr. 42, 225 (1952)
- (23) Haude, W.: Wetter und Klima. Werden und Wissen des Landmannes 1, H. 3 (1948)
- (24) Haude, W.: Zur Bestimmung der Verdunstung auf möglichst einfache Weise. Mitt. Dt. Wetterd. Nr. 11 (1955)
- (25) Hebner, E. u. Trenkle, H.: Hochwasser in Baden im Jahre 1935. Jber. m. Abh. Bad. Landeswetterd. 1951/52, S. 93
- (26) Hellmann, G.: Überschätzung und richtige Bewertung lokaler meteorologischer Einflüsse. Meteor. Z. 32, 307 (1915)
- (27) Huttary, J.: Große Tagesmengen des Niederschlags in ihrer Verteilung und Häufigkeit in Deutschland. Ber. Dt. Wetterd. US-Zone Nr. 38, 161 (1952)

- (28) Ilg, K.: Föhn und Stau am Oberrhein. Wetter u. Klima **1**, 150, 218 (1948)
- (29) Israëli, H.: Gewitterbeobachtungen in Südwestdeutschland. Ber. Dt. Wetterd. US-Zone Nr. 42, 63 (1952)
- (30) Johannsen, H. H.: Niederschlagstage — Niederschlassummen. Ber. Dt. Wetterd. US-Zone Nr. 42, 221 (1952)
- (31) Keller, R.: Der Wasserverbrauch im Stromgebiet des Niederrheins. Decheniana **103**, 48 (1948)
- (32) Kleinschmidt, E.: Der Einfluß des Bodensees auf die Bewölkung und die Nebelbildung. Württ. Jb. f. Statist. u. Landeskd. **151** (1921/22)
- (33) Klima-Atlas von Baden-Württemberg: Dt. Wetterd., Bad Kissingen 1953
- (34) Klimakunde des Deutsch. Reiches: Band II (Tabellen), Berlin 1939
- (35) Knoch, K.: Schwankungen der regionalen Verteilung und der Jahresmenge der Niederschläge in Deutschland. Gas- und Wasserfach **91**, 233 (1950), Ausg. Wasser
- (36) Koehne, W.: Grundwasserkunde. 2. Aufl. Stuttgart 1948
- (37) Koehne, W.: Notwendige gewässerkundliche Gesichtspunkte bei der Wasserversorgung. Gas- und Wasserfach **92**, 25 (1951), Ausg. Wasser
- (38) Kottwitz, G.: Der Schwarzwald im Regenwetter. Diss. Tübingen 1935
- (39) Krause, W.: Über den Einfluß winterlicher Bewässerung auf Bergwiesen des Schwarzwaldes. Z. Acker- u. Pflanzenb. **97**, 185 (1953)
- (40) Kreutz, W.: Die Agrarmeteorologen-Tagung in Frankfurt a. M. vom 14. bis 17. März 1955. Mitt. Dt. Wetterd. Nr. 14 (1955)
- (41) Langbeck, K.: Die klimatischen Verhältnisse des südlichen Schwarzwaldes. Wiss. Arb. Dt. Meteor. Dienst Franz. Bes. Geb. **1**, 80 (1947) u. **2**, 37 (1950)
- (42) Lessmann, H.: Singuläre Frostdaten in Südwestdeutschland. Meteor. Rdsch. **7**, 50 (1954)
- (43) Manig, M.: Karte der Windgeschwindigkeit für das westliche Deutschland. Ber. Dt. Wetterd. US-Zone Nr. 34 (1952)
- (44) Meinardus, W.: Eine einfache Methode zur Berechnung klimatologischer Mittelwerte von Flächen. Meteor. Z. **17**, 241 (1900)
- (45) Meyer, F.: Verdunstungsmessungen. Wasserkraft u. Wasserwirtsch. **32**, 52, 64 u. 77 (1937)
- (46) Nägeli, W.: Windschutzfragen. Wald u. Wasser Nr. 1, 24 (1954)
- (47) Peppler, A.: Gutachten über die klimatische Beeinflussung des Kurortes St. Blasien durch die unterhalb St. Blasiens geplante Aufstauung der Alb. Karlsruhe 26. 6. 1938
- (48) Peppler, W.: Ein Beitrag zur Kenntnis des Nebels, besonders in Südwestdeutschland. Wetter **41**, 143, 173 (1924), **42**, 55 (1925)
- (49) Peppler, W.: Über Nebel und Stratus im Bodenseegebiet. Wetter **44**, 279 (1927)
- (50) Peppler, W.: Bericht über den Nebel im Bodenseegebiet. Erf. Ber. Dt. Flugwetterd. I, Nr. 26 (1928)
- (51) Peppler, W.: Die Niederschlagsverhältnisse in Baden. Abh. Bad. Landeswewa. Nr. 1 (1922)
- (52) Reichel, E.: Der Wasserhaushalt in Europa. Umschau **53**, 677 (1953)
- (53) Reichel, E.: Die Zunahme der Verdunstung als eine Ursache des Wassermangels. Wasserwirtsch. **43**, 123 (1953)
- (54) Reichel, E.: Die klimatischen Verhältnisse des Mangfallgebietes und seiner Umgebung. München 1951 (Masch. Vervielf.)
- (55) Reinhold, F.: Regenspenden in Deutschland. Berlin 1940
- (56) Rossmann, F.: Wetter und Klima des Feldberges. In „Der Feldberg im Schwarzwald“. Freiburg i. Br. 1948, S. 122
- (57) Rossmann, F.: Die Schneedecke des Hochschwarzwaldes. In „Der Feldberg im Schwarzwald“. Freiburg i. Br. 1948, S. 195
- (58) Rudloff, H. v.: 80jährige Temperaturmittel für das südliche Oberrheingebiet. Ber. Dt. Wetterd. US-Zone Nr. 42, 130 (1952)
- (59) Russ, A.: Die Niederschlagsverhältnisse der letzten 70 Jahre in Bamberg und München. Ber. Dt. Wetterd. US-Zone Nr. 42, 139 (1952)
- (60) Schirmer, H.: Änderung der sommerlichen Niederschläge in Deutschland. Umschau **54**, 325 (1954)
- (61) Schluchseewerk AG: Das Schluchseewerk. 2. Aufl. Freiburg i. Br. 1952
- (62) Schluchseewerk AG: Ist die Wutachschlucht wirklich gefährdet? Freiburg i. Br. 1953
- (63) Schluchseewerk AG: Wozu Unterschriften zur Rettung der Wutachschlucht? Freiburg i. Br. 1954
- (64) Schmidt-Thomé, P.: Der Einfluß der Alpengletscher auf den Wasserhaushalt der süddeutschen Flüsse. Gas- u. Wasserfach **91**, 120 (1950), Ausg. Wasser
- (65) Schmolinsky, F.: Über das Auftreten von Berg- und Talwinden im Hochtal von St. Blasien (Schwarzw.). Wetter u. Klima **1**, 344 (1948)
- (66) Schmolinsky, F.: Untersuchungen über die Verdunstung des Schluchsees (südl. Hochschwarzwald). Arch. Hydrobiol. 1951, Suppl.-Bd. 20
- (67) Schnarrenberger, C.: Die natürlichen Vorgänge in der Wutachschlucht. Gutachten (Masch. autogr.)
- (68) Schneider, H.: Über die Ursachen der in Mitteleuropa beobachteten Grundwassersenkungen. Wasserwirtsch. **41**, 7 (1950/51)
- (69) Schneider-Carius, K.: Zur Frage der täglichen Niederschlagswahrscheinlichkeit. Ann. Meteor. **5**, 254 (1952)
- (70) Schonopp, G.: Beregnungswirtschaft, Klimafor-schung und Wetterdienst. Ber. Dt. Wetterd. US-Zone Nr. 42, 426 (1952)
- (71) Schulze, A.: Bemerkungen zur Frage der zunehmenden Kontinentalität im europäischen Raum in Hinblick auf die Niederschlagsmenge. Ber. Dt. Wetterd. US-Zone Nr. 12, 177 (1950)
- (72) Schwarzmann, H.: Verhalten der Grundwasserstände in der Oberrheinebene zwischen Basel und Mannheim. Gas- und Wasserfach **92**, 224 (1951), Ausg. Wasser
- (73) Thon: Wetter, Klima, Wasserwirtschaft. Gas- und Wasserfach **92**, 89 (1951), Ausg. Wasser
- (74) Tomczak, G.: Verdunstung freier Wasserflächen. Veröff. d. Geophys. Inst. d. Univ. Leipzig, II. Ser. **12** (1939)
- (75) Tschubukow, L. A.: Der Einfluß der Waldstreifen auf das Klima der Trockengebiete in der UdSSR. Verlag Kultur u. Fortschr. Berlin 1953

- (76) Tüxen, R.: Über die Verwendung pflanzensoziologischer Untersuchungen zur Beurteilung von Schäden des Grünlandes. Dt. Wasserwirtsch. **37**, 455 (1942)
- (77) Uhden, O.: Bemerkungen zu dem Aufsatz von H. Schneider. Wasserwirtsch. **41**, 280 (1950/51)
- (78) Uhden, O.: Wasserprobleme und Wasserwirtschaft in der Landwirtschaft. Forsch. u. Leben **2**, 91 (1951)
- (79) Walter, H.: Vegetationskundliches Gutachten über die Folgen der von der Schluchseewerk-AG geplanten Gutach/Haslach-Beileitung. Mai 1955
- (80) Wundt, W.: Die Hydrographie des Feldberggebietes. In „Der Feldberg im Schwarzwald“. Freiburg i. Br. 1948, S. 97
- (81) Wundt, W.: Wasserkreislauf und Wasserversorgung in Deutschland. Gas- und Wasserfach **91**, 2 (1950) Ausg. Wasser
- (82) Wundt, W.: Beziehungen zwischen den Mittelwerten von Niederschlag, Abfluß, Verdunstung und Lufttemperatur für die Landflächen der Erde. Dt. Wasserwirtsch. **32**, 82 u. 104 (1937)
- (83) Wundt, W.: Die Verdunstung von den Landflächen der Erde. Wetter **56**, 1 (1939)
- (84) Zimmermann, G.: Die Abhängigkeit der Wolkenbrüche von der Orographie und von bestimmten Wetterlagen. Meteor. Rdsch. **5**, 128 (1952)
- (85) Zunker, F.: Die wasserwirtschaftliche Bedeutung der Staubecken und des Waldes und die Möglichkeit der Klimabeeinflussung. Technik **5**, 423 u. 482 (1950)

Mittlere Monats- und Jahressummen des Niederschlags (mm)

Zeitraum: 1891-1930

Ort	See- höhe (m)	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Jahr
<u>B a d e n</u>														
<u>Reg. Bez. Konstanz</u>														
<u>Kr. Säckingen</u>														
Görwihl	670	121	108	111	107	111	107	124	104	101	114	120	161	1389
Rheinfeldern	280	56	56	65	73	92	98	104	97	86	83	72	73	955
Säckingen	295	68	64	74	85	102	113	116	111	97	94	81	86	1091
Segeten	879	173	155	159	152	159	152	176	149	145	163	171	230	1984
Todtmoos	811	161	144	148	142	148	143	163	139	135	151	159	212	1845
Wolpadingen	880	119	107	110	105	110	105	122	103	100	112	117	158	1368
<u>Kr. Waldshut</u>														
Altenburg	400	49	46	56	70	77	92	97	95	77	67	56	62	844
Bannholz	735	90	79	89	94	109	114	119	115	102	104	98	124	1237
Birkendorf	724	87	75	78	79	97	98	99	97	83	88	83	115	1079
Eberfingen	430	58	50	59	69	81	96	98	95	81	74	65	77	903
Grießen	397	62	52	60	72	75	94	95	90	80	75	66	79	900
Hohentengen	330	60	54	62	76	80	98	103	95	83	78	65	77	931
Krenkingen	554	88	75	79	80	98	100	101	98	84	89	84	117	1093
Nack	428	50	46	57	71	78	93	99	96	78	68	57	63	856
Reutehof	590	70	59	68	82	86	106	107	102	91	85	74	90	1020
Waldshut	340	72	65	70	82	85	102	98	94	79	85	76	95	1003
<u>Kr. Donaueschingen</u>														
Donaueschingen	692	48	37	46	54	71	81	82	77	67	58	52	57	730
Furtwangen	854	162	126	148	141	136	140	153	136	134	141	145	197	1759
Geisingen	670	50	39	48	57	74	85	85	80	70	61	54	59	762
Pföhren	678	48	37	46	54	71	81	82	77	67	59	52	57	731
Riedöschingen	715	58	45	56	67	87	100	100	94	81	70	63	70	891
Stetten	730	53	41	51	60	79	90	91	85	74	65	57	63	809
<u>Reg. Bez. Freiburg</u>														
<u>Kr. Lörrach</u>														
Bürchau	654	127	129	137	135	143	138	158	145	132	149	137	174	1704
Eimeldingen	252	42	46	52	70	81	94	98	89	79	73	62	57	843
Hinterheubronn	938	147	149	157	155	164	159	182	166	153	170	156	200	1958
Lörrach	295	44	47	54	73	84	97	101	93	82	76	64	59	874
Sallneck	630	113	114	120	119	126	122	140	127	117	131	120	153	1502
Schönau i. Schw.	533	135	131	132	125	130	126	143	134	117	141	139	179	1632
Schopfheim	375	76	77	83	93	108	117	126	119	105	106	94	104	1208
Schweigmatt	733	125	112	114	110	114	110	127	107	104	117	123	166	1429
Todtnauberg	1024	137	131	143	140	149	151	167	147	145	162	149	200	1821

Ort	See- höhe (m)	Jahr												
		J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
<u>Kr. Neustadt</u>														
Bärenthal	990	119	101	119	123	139	147	155	135	131	130	130	153	1582
Bernau	922	116	105	111	110	127	128	138	123	117	124	130	161	1490
Bonndorf	850	69	56	70	71	86	92	97	85	79	77	76	90	948
Bubenbach	935	85	70	78	81	100	109	116	103	89	87	87	104	1109
Feldberg (Gasth.)	1267	160	148	160	150	177	189	206	168	173	185	160	204	2080
Lenzkirch	820	80	68	80	83	93	99	104	90	88	87	87	103	1062
Neustadt	835	81	69	81	84	95	100	106	92	90	88	89	104	1079
Rothaus	1000	91	78	91	95	107	113	120	104	101	100	100	118	1219
St. Blasien	780	120	109	115	109	116	113	120	109	113	112	117	151	1404
Schluchsee	932	96	81	96	99	112	119	125	108	106	104	105	124	1275
Titisee	857	89	76	89	93	105	111	117	101	98	97	97	115	1188
Urach	880	133	104	122	116	112	116	126	112	110	116	120	162	1449
Waldau	965	114	97	114	119	134	142	149	129	126	125	125	148	1522
<u>Kr. Freiburg</u>														
Breisach	195	24	27	31	43	61	71	74	62	55	56	41	33	578
Buchenbach	450	60	56	76	96	113	126	135	122	108	101	80	76	1149
Ehrenstetten	206	47	44	60	76	89	100	106	96	85	80	63	60	906
Freiburg	278	46	43	58	74	88	97	103	94	83	78	62	58	884
Grezhausen	202	28	31	34	49	69	81	84	70	62	64	46	37	655
Hofsgrund	1056	137	124	149	163	173	187	207	175	173	179	149	173	1989
Oberrotweil	217	30	29	42	51	69	80	84	71	67	62	48	39	672
St. Peter	722	105	91	108	117	137	157	167	143	134	128	110	125	1522
St. Wilhelm	990	130	117	142	155	165	178	197	166	164	170	142	164	1890
Schelingen	314	35	34	46	59	73	81	91	75	67	66	51	42	720
Unterglottertal	355	73	64	75	81	95	109	116	99	93	88	76	86	1055
Zarten	374	54	50	68	87	101	114	121	109	97	91	72	68	1032

Ort	Monats- summen	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Zeitraum
<u>Todtmoos (811 m NN)</u>														
	0 mm	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	1891-1944
	1- 9	-	5	2	-	-	-	-	-	2	4	-	2	
	10- 15	-	-	-	2	-	-	-	-	2	4	2	-	
	16- 24	2	4	-	-	-	-	2	2	-	-	-	-	
	25- 39	2	2	6	-	3	2	4	2	5	2	-	2	
	40- 59	5	7	5	6	6	4	6	7	6	11	6	7	
	60- 99	14	16	22	26	19	13	13	20	26	15	22	9	
	100-159	15	26	18	35	44	42	22	32	24	19	31	22	
	160-249	45	26	39	18	17	35	44	26	26	33	19	28	
	250-399	15	9	4	9	11	4	9	11	9	9	16	24	
	400-599	2	5	4	2	-	-	-	-	-	3	2	6	
	≥600	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	

Größte und kleinste Monats- und Jahressummen des Niederschlags (mm)

Ort (Zeitraum)		J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Jahr	Lücken
<u>Bernau</u> 1891-1954	gr.	341	267	426	297	256	296	327	277	314	360	510	456	2184	45(1)-46(7)
	kl.	9	4	5	0	18	30	33	16	1	1	5	10	816	
<u>Bonndorf</u> 1891-1954	gr.	185	178	260	195	171	207	214	243	215	218	278	248	1456	54(10-12)
	kl.	10	6	6	1	17	27	13	12	4	3	6	10	643	
<u>Birkendorf</u> 1914-1954	gr.	203	198	200	211	160	161	197	206	215	247	301	294	1484	45(3)-46(5),
	kl.	3	6	5	9	16	31	9	14	24	.	5	5	629	54(10-12)
<u>Bubenbach</u> 1911-1954	gr.	321	219	235	205	153	215	265	241	219	276	324	300	1825	54(10-12)
	kl.	16	7	9	15	21	31	18	31	16	3	7	13	754	
<u>Bürchau</u> 1902-1954	gr.	333	361	469	363	323	305	338	306	323	420	521	489	2217	45(2)-46(5),
	kl.	13	3	3	23	22	30	21	40	24	4	7	9	988	54(10-12)
<u>Donaueschingen</u> 1891-1953	gr.	130	113	131	176	160	205	192	165	178	182	199	174	1164	45(3)-47(8)
	kl.	8	4	0	2	10	30	8	10	7	2	2	7	513	
<u>Feldberg (Gasth.)</u> 1887-1944	gr.	398	402	465	361	503	364	473	398	424	571	651	570	2829	25(5)-33(12)
	kl.	13	3	29	1	33	77	40	26	7	4	10	10	1093	
<u>Feldberg (Obs.)</u> 1925-1954	gr.	450	584	372	368	313	340	393	385	371	476	503	282	2895	25(1-4),
	kl.	26	15	13	42	36	37	36	66	40	6	36	17	1212	54(10-12)
<u>Freiburg</u> 1869-1954	gr.	115	130	132	200	309	236	257	238	223	195	203	219	1336	54(10-12)
	kl.	10	2	8	0	11	27	6	12	5	4	4	8	607	
<u>St. Blasien</u> 1902-1954	gr.	347	322	436	293	247	230	310	265	413	334	397	325	1988	54(10-12)
	kl.	9	5	5	11	27	29	17	39	12	4	5	12	821	
<u>Schelingen</u> 1887-1940	gr.	102	109	98	149	151	168	191	164	160	166	121	97	1079	
	kl.	5	2	5	0	10	19	15	8	1	4	6	8	543	
<u>Schönau i. Schw.</u> 1903-1954	gr.	356	322	447	323	245	314	297	307	330	377	366	453	2315	41(1)-53(10)
	kl.	43	1	3	31	21	15	25	31	22	7	6	12	1022	
<u>Titisee</u> 1891-1942	gr.	227	235	260	275	206	194	247	248	256	268	261	290	1790	
	kl.	19	7	5	0	23	35	37	9	5	9	4	10	840	
<u>Todtmoos</u> 1891-1944	gr.	422	417	523	414	309	262	374	330	383	446	604	500	2602	
	kl.	22	4	3	0	27	35	21	37	3	4	10	8	1193	
<u>Todtnauberg</u> 1885-1944	gr.	335	366	460	375	251	278	329	306	326	429	406	701	3080	20(1)-36(3)
	kl.	26	8	35	0	53	56	36	18	6	8	32	16	1288	

Größte und kleinste Niederschlagssummen für Jahr, Sommerhalbjahr
(Mai bis Oktober) und Vegetationsperiode (Mai bis Juli) in % des Mittels

Zeitraum: 1891-1930

Ort (Zeitraum)	Jahr	%	Jahr	%	Jahr	%	Jahr	%
	<u>a) Jahr</u>							
<u>Bernau</u> 1891-1954, o. 45/46	1922	146	1930	137	1939	135	1915, 1919	132
	1949	67	1898	68	1934	70	1893	71
<u>Bonndorf</u> 1891-1953	1939	154	1914	144	1952	138	1922	137
	1949	65	1893	68	1898	70	1921, 1934	72
<u>Bürchau</u> 1902-1953, o. 45/46	1919	130	1910, 1923, 1935, 1939, 1952	129	1915	126	1914	125
	1953	58	1929	62	1921	63	1949	67
<u>Donaueschingen</u> 1891-1953, o. 45-47	1939	159	1922	146	1940	138	1915	131
	1921-1949	70	1911	77	1906, 1939, 1943	79	1934, 1948	81
<u>Freiburg</u> 1891-1953	1939	148	1922	144	1930	141	1910	139
	1893	69	1949	72	1907	78	1911	79
<u>St. Blasien</u> 1902-1953	1939, 1952	141	1930	137	1931	135	1935	134
	1921	58	1953	65	1929	66	1949	67
<u>Schönau i. Schw.</u> 1903-1940	1922	142	1910	136	1935	132	1914	131
	1921	63	1920, 1934	69	1929	71	1933	74
<u>Titisee</u> 1891-1942	1922	151	1939	147	1929	135	1915	133
	1893	71	1934	72	1921	73	1894, 1903, 1907	74
<u>Todtmoos</u> 1891-1944	1916, 1922	141	1930	133	1935	130	1939	127
	1920	65	1921	69	1911	71	1898, 1934	72
	<u>b) Sommerhalbjahr (Mai bis Oktober)</u>							
<u>Bernau</u>	1930	166	1924	140	1931	138	1916	134
	1949	55	1934	63	1937	67	1906	72
<u>Bonndorf</u>	1939	181	1917	148	1940	140	1931	137
	1947	50	1949	63	1919	64	1899	66
<u>Bürchau</u>	1917	140	1939	137	1912, 1940	129	1916, 1924, 1931	126
	1947	48	1949	50	1921	65	1911, 1934	68
<u>Donaueschingen</u>	1938	187	1940	152	1931	137	1901	133
	1899	59	1949	60	1906	66	1943	68
<u>Freiburg</u>	1939	158	1930	148	1938	147	1931	142
	1919	50	1949	59	1899	62	1907	66
<u>St. Blasien</u>	1930	172	1939	157	1927, 1931	150	1917	147
	1947	46	1949	56	1928	60	1921	64

Ort (Zeitraum)	Jahr	%	Jahr	%	Jahr	%	Jahr	%
<u>Schönau i. Schw.</u>	1930	135	1939	141	1917	137	1931, 1940	134
	1911, 1920, 1934	68	1921	70	1919	73	1918, 1937	76
<u>Titisee</u>	1939	157	1917	151	1930	143	1931, 1940	139
	1904	65	1903	67	1907	68	1937	70
<u>Todtmoos</u>	1930	170	1916	147	1939	145	1924	136
	1906	58	1911	66	1937	69	1920	70
c) Vegetationsperiode (Mai bis Juli)								
<u>Bernau</u>	1930	182	1926	156	1924	150	1910	145
	1952	44	1937	48	1939	54	1934	56
<u>Bonndorf</u>	1939	172	1953	157	1904, 1906	149	1946	147
	1923	51	1947	52	1935	56	1934	59
<u>Bürchau</u>	1910, 1948	151	1933	147	1924	134	1926	133
	1952	36	1939	49	1937	56	1934	58
<u>Donaueschingen</u>	1938	195	1953	160	1914, 1939	156	1924, 1940	152
	1899	50	1923	53	1949	59	1952	60
<u>Freiburg</u>	1930	173	1910	160	1939	155	1926	153
	1899	54	1919	56	1949	59	1945	60
<u>St. Blasien</u>	1930	193	1939	163	1933	152	1926	146
	1947	49	1949	50	1928, 1945	51	1952	52
<u>Schönau i. Schw.</u>	1910	165	1930	161	1926	140	1914	135
	1934	57	1937	62	1911, 1920	63	1925	66
<u>Titisee</u>	1930	161	1924	152	1939	148	1933	135
	1935	56	1903	57	1937	63	1904	66
<u>Todtmoos</u>	1930	183	1926	150	1933	149	1916, 1924	143
	1937	53	1920, 1934, 1911	60	1935	62	1901	64

Mittlere Zahl der Tage mit Niederschlag von mindestens 1.0 mm

Zeitraum: 1911-1940

Ort	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Jahr
a) Vollständige Reihen													
<u>Baden</u>													
Bernau	13.6	10.7	13.1	13.9	14.3	14.3	14.0	13.2	11.9	12.4	12.6	13.4	157.4
Bonndorf	11.1	8.8	10.9	12.4	12.8	12.7	12.3	11.8	10.4	10.7	10.4	11.3	135.6
Bubenbach	12.5	9.8	12.4	13.3	13.6	13.9	13.6	12.9	11.4	11.8	11.5	12.6	149.3
Bürchau	14.2	10.7	13.5	13.7	14.4	14.4	13.4	13.3	11.5	12.1	12.8	13.8	157.8
Donaueschingen	9.8	7.6	9.9	10.8	11.8	11.9	12.0	11.3	9.7	9.9	9.3	10.1	124.1
Feldberg	15.2	12.6	14.6	15.7	15.2	14.9	14.5	14.1	13.2	13.6	13.2	15.6	172.4
Freiburg	10.7	9.6	11.4	12.2	13.0	12.5	11.6	12.1	10.5	11.1	10.8	11.1	136.6
St. Blasien	13.5	10.7	12.8	13.4	14.0	14.1	13.6	12.9	11.2	12.5	12.2	13.2	154.1
Schönau i. Schw.	13.8	10.7	13.2	13.6	13.9	14.1	13.7	13.0	11.2	12.3	12.4	13.8	155.7
Titisee	13.4	10.4	13.4	14.5	14.4	15.1	13.6	13.5	12.4	12.3	12.3	13.4	158.7
Todtmoos	14.3	11.0	13.3	14.3	14.1	14.1	14.5	13.6	11.7	12.6	12.6	13.9	160.0
b) Reduzierte Werte													
Altenburg	10.3	8.1	10.0	11.4	11.8	11.8	11.4	10.9	9.7	9.9	9.7	10.4	125.4
Bärenthal	13.8	11.2	13.4	14.5	14.4	14.6	13.6	13.3	12.3	12.5	12.3	14.1	160.0
Bannholz	12.0	9.4	11.3	12.0	12.1	12.3	12.3	11.5	10.0	10.9	10.8	11.9	136.5
Birkendorf	11.3	9.0	11.0	12.5	12.9	13.0	12.5	12.0	10.6	10.9	10.6	11.4	137.7
Eberfingen	10.7	8.5	10.4	11.9	12.3	12.3	11.9	11.4	10.0	10.3	10.0	10.8	130.5
Feldberg (Obs.)	15.2	12.6	14.7	15.7	15.2	15.1	14.5	14.2	13.1	13.7	13.3	15.6	172.9
Feldberg (Gasth.)	14.6	12.2	14.2	15.2	14.7	14.5	14.0	13.7	12.6	13.2	12.8	15.0	166.7
Görwihl	12.6	9.9	11.9	12.6	12.7	12.9	12.9	12.0	10.5	11.4	11.3	12.5	143.2
Grießen	10.4	8.3	10.2	11.6	11.9	11.9	11.5	11.0	9.8	10.0	9.8	10.5	126.9
Hohentengen	10.4	8.3	10.2	11.6	11.9	11.9	11.5	11.0	9.8	10.0	9.8	10.5	126.9
Hütten	13.8	10.7	12.8	13.9	13.6	13.6	13.9	13.2	11.3	12.2	12.2	13.5	154.7
Krenkingen	11.1	8.8	10.9	12.4	12.8	12.7	12.4	11.8	10.5	10.7	10.5	11.3	135.9
Nack	10.0	7.9	9.8	11.1	11.5	11.5	11.1	10.6	9.4	9.7	9.4	10.1	122.1
Neustadt	12.3	9.6	12.1	13.2	13.2	13.7	12.4	12.3	11.3	11.1	11.3	12.1	144.6
Reutehof	11.3	8.9	11.0	12.5	12.9	12.9	12.5	12.0	10.6	10.9	10.6	11.4	137.5
Riedöschingen	10.5	8.1	10.3	11.5	12.3	12.3	12.0	11.5	9.9	10.2	9.8	10.7	129.1
Rothaus	11.8	9.4	11.5	13.1	13.5	13.5	13.1	12.5	11.1	11.4	11.1	11.9	143.9
Säckingen	12.5	9.9	12.0	13.1	13.6	13.6	13.3	12.6	11.1	12.0	11.5	12.5	147.7
St. Wilhelm	14.8	12.2	14.3	15.3	14.8	14.6	14.1	13.7	12.8	13.3	12.9	15.1	167.9
Schauinsland	14.7	12.2	14.2	15.3	14.7	14.6	14.1	13.7	12.7	13.2	12.9	15.1	167.4
Schluchsee	13.0	10.3	12.4	13.1	13.4	13.6	13.3	12.6	11.1	12.0	12.0	12.7	149.5
Schopfheim	12.9	9.9	12.5	12.6	13.0	13.2	12.6	12.2	10.4	11.3	11.6	12.8	145.0
Segeten	14.1	10.9	13.2	14.3	13.9	13.9	14.2	13.5	11.6	12.5	12.5	13.8	158.4
Todtnauberg	14.6	12.1	14.1	15.1	14.6	14.4	13.9	13.6	12.6	13.1	12.7	14.9	165.7
Waldau	14.1	11.0	14.0	15.1	15.2	15.8	14.3	14.1	13.0	12.8	13.0	14.0	166.4
Waldshut	11.3	8.9	10.8	11.8	12.2	12.2	11.9	11.3	10.0	10.8	10.4	11.3	132.9
Wolpadingen	12.8	9.9	12.0	12.8	12.9	13.1	13.0	12.2	10.6	11.6	11.5	12.6	145.0

Mittlere Zahl der Tage mit Niederschlag von mindestens 2.5 mm

Zeitraum: 1911-1940

Ort	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Jahr
a) Vollständige Reihen													
<u>Baden</u>													
Bernau	10.9	8.4	10.6	10.8	11.3	11.7	11.6	11.2	9.5	10.5	10.1	11.4	128.0
Bonndorf	8.3	5.6	7.9	8.6	9.3	10.3	9.5	8.9	8.0	7.9	7.8	8.1	100.2
Bubenbach	9.2	7.1	8.8	9.9	10.2	10.7	10.9	10.3	9.2	9.0	9.1	9.1	113.5
Bürchau	11.2	8.7	11.3	11.2	11.9	11.4	11.8	11.4	9.5	10.1	10.7	11.4	130.6
Schönau i. Schw.	11.3	8.7	10.7	10.9	11.2	11.1	11.2	11.4	9.1	10.3	10.6	11.6	128.1
Titisee	10.5	7.6	10.2	10.7	11.3	11.4	11.2	10.5	9.7	10.1	9.5	10.4	123.1
Todtmoos	12.0	8.9	11.1	11.1	11.1	11.7	12.4	11.3	9.8	11.0	10.7	12.0	133.1
b) Reduzierte Werte													
Altenburg	7.7	5.6	7.5	8.2	8.6	9.3	9.0	8.4	7.7	7.5	7.5	7.6	94.6
Bärenthal	11.4	8.5	10.9	11.2	11.4	11.7	12.0	11.2	9.9	10.9	10.3	11.4	130.8
Bannholz	9.8	7.6	9.5	9.6	10.1	10.6	10.3	10.1	8.5	9.4	9.1	10.2	114.8
Birkendorf	8.5	6.2	8.2	9.1	9.5	10.3	9.9	9.3	8.4	8.2	8.2	8.3	104.1
Donaueschingen	7.3	5.3	7.1	7.8	8.1	8.9	8.5	8.0	7.2	7.1	7.1	7.2	89.6
Eberfingen	8.2	5.9	7.9	8.7	9.2	10.0	9.6	8.9	8.1	7.9	7.9	8.0	100.3
Feldberg (Obs.)	13.0	9.7	12.0	12.0	12.0	12.7	13.4	12.2	10.7	12.2	11.7	13.0	144.6
Feldberg (Gasth.)	13.2	9.8	12.1	12.1	12.1	12.9	13.7	12.4	10.8	12.4	11.9	13.2	146.6
Görwühl	10.5	8.0	9.9	10.0	10.1	10.7	10.8	10.1	8.8	10.0	9.5	10.6	119.0
Grießen	7.8	5.6	7.5	8.3	8.7	9.4	9.1	8.5	7.7	7.5	7.5	7.6	95.2
Hohentengen	8.0	5.7	7.7	8.4	8.8	9.6	9.2	8.6	7.9	7.7	7.7	7.8	97.1
Hütten	11.4	8.6	10.7	10.8	11.0	11.6	11.7	11.0	9.5	10.8	10.3	11.5	128.9
Krenkingen	9.0	6.5	8.6	9.5	9.9	10.8	10.4	9.7	8.9	8.6	8.6	8.7	109.2
Nack	7.4	5.4	7.2	7.9	8.3	9.0	8.6	8.1	7.3	7.2	7.2	7.3	90.9
Neustadt	9.6	7.0	9.4	9.8	10.4	10.4	10.3	9.7	8.9	9.2	8.7	9.5	112.9
Reutehof	8.3	6.0	8.0	8.8	9.3	10.1	9.7	9.0	8.2	8.0	8.0	8.1	101.5
Riedöschingen	8.2	5.9	7.9	8.7	9.1	10.0	9.5	8.9	8.1	7.9	7.9	8.0	100.1
Rothaus	9.9	7.4	9.6	10.0	10.4	10.7	10.4	10.1	8.9	9.5	9.0	10.0	115.9
St. Wilhelm	12.7	9.5	11.7	11.7	11.7	12.5	13.1	12.0	10.5	12.0	11.5	12.7	141.6
Schauinsland	12.4	9.3	11.5	11.5	11.5	12.2	12.9	11.7	10.2	11.7	11.2	12.4	138.5
Schluchsee	10.2	7.7	9.9	10.3	10.8	11.0	10.8	10.4	9.2	9.8	9.3	10.3	119.7
Schopfheim	10.1	7.9	9.8	10.0	10.3	10.1	10.3	10.2	8.4	9.0	9.6	10.2	115.9
Segeten	11.8	9.0	11.1	11.2	11.4	12.0	12.2	11.4	9.9	11.2	10.7	11.9	133.8
Todtnauberg	12.4	9.2	11.4	11.4	11.4	12.1	12.8	11.8	10.2	11.8	11.2	12.4	138.1
Waldau	11.6	8.4	11.3	11.9	12.5	12.5	12.4	11.7	10.8	11.2	10.5	11.4	136.2
Waldshut	8.8	6.3	8.4	9.3	9.8	10.6	10.2	9.5	8.7	8.4	8.4	8.6	107.0
Wolpadingen	10.6	8.1	10.0	10.2	10.3	10.9	11.0	10.3	8.9	10.2	9.7	10.7	120.9

Mittlere Zahl der Tage mit Niederschlag von mindestens 10.0 mm

Zeitraum: 1911-1940

Ort	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Jahr
a) Vollständige Reihen													
Baden													
Bernau	4.6	3.6	3.7	4.4	4.1	4.6	5.5	4.6	4.5	4.7	5.4	5.0	54.7
Bonndorf	2.4	1.4	2.4	2.0	2.5	3.1	3.0	2.8	2.9	2.7	2.2	2.8	30.2
Bubenbach	3.2	2.2	2.8	2.1	3.1	3.6	4.0	3.2	3.5	3.5	3.0	3.5	37.7
Bürchau	5.4	4.2	4.6	5.2	4.5	5.0	5.7	5.8	4.7	5.3	5.3	5.7	61.3
Schönau i. Schw.	5.8	4.0	4.5	4.8	3.8	4.5	5.2	5.3	4.5	4.9	5.2	5.6	58.1
Titisee	3.5	2.5	3.0	3.2	3.3	3.7	4.3	3.9	3.8	3.5	3.9	3.7	42.3
Todtmoos	6.6	4.7	5.4	5.9	4.8	5.6	6.1	5.3	5.0	5.8	6.1	6.3	67.6
b) Reduzierte Werte													
Altenburg	2.3	1.4	2.4	1.9	2.5	3.0	2.9	2.7	2.8	2.6	2.2	2.7	29.4
Bärenthal	4.8	3.4	4.1	4.3	4.5	5.0	5.8	5.3	5.1	4.7	5.3	5.0	57.3
Bannholz	4.5	3.3	3.6	4.1	3.6	4.1	4.7	3.9	3.8	4.2	4.6	4.5	48.9
Birkendorf	2.8	1.6	2.9	2.4	3.0	3.7	3.5	3.3	3.4	3.2	2.6	3.3	35.7
Donaueschingen	1.8	1.3	1.7	1.6	1.8	2.1	2.3	2.0	2.0	2.0	1.9	2.1	22.6
Eberfingen	2.4	1.4	2.5	2.0	2.6	3.2	3.1	2.9	3.0	2.8	2.3	2.9	31.1
Feldberg (Obs.)	7.1	5.0	5.8	6.3	5.2	6.0	6.7	5.7	5.4	6.3	6.5	6.8	72.8
Feldberg (Gasth.)	7.4	5.2	6.0	6.6	5.3	6.3	6.9	5.9	5.6	6.5	6.7	7.0	75.4
Görwihl	4.6	3.4	3.7	4.2	3.7	4.3	4.9	4.1	4.0	4.4	4.8	4.7	50.8
Grießen	2.4	1.4	2.5	2.0	2.6	3.2	3.1	2.9	3.0	2.7	2.3	2.9	31.0
Hohentengen	2.4	1.4	2.5	2.0	2.6	3.2	3.1	2.9	3.0	2.7	2.3	2.9	31.0
Hütten	5.1	3.6	4.2	4.5	3.7	4.3	4.8	4.1	3.9	4.5	4.7	4.9	52.3
Krenkingen	3.1	1.8	3.1	2.6	3.3	4.0	3.9	3.7	3.8	3.5	2.9	3.6	39.3
Nack	2.4	1.4	2.5	2.0	2.5	3.2	3.0	2.8	2.9	2.7	2.2	2.8	30.4
Neustadt	3.3	2.3	2.8	3.0	3.1	3.5	4.0	3.6	3.6	3.3	3.6	3.4	39.5
Reutehof	2.7	1.5	2.7	2.2	2.8	3.5	3.3	3.1	3.2	3.0	2.4	3.1	33.5
Riedöschingen	2.2	1.3	2.3	1.9	2.3	2.9	2.8	2.6	2.7	2.5	2.1	2.6	28.2
Rothaus	3.6	2.5	3.3	3.2	3.5	4.1	4.4	3.9	4.0	3.8	3.8	4.1	44.2
Säckingen	3.2	2.2	2.9	2.8	3.0	3.6	3.9	3.4	3.5	3.3	3.3	3.6	38.7
St. Blasien	4.6	3.6	3.7	4.3	4.1	4.6	5.5	4.6	4.5	4.6	5.4	4.9	54.4
St. Wilhelm	6.7	4.7	5.5	5.9	4.8	5.7	6.3	5.3	5.1	5.9	6.1	6.4	68.4
Schauinsland	6.4	4.5	5.2	5.7	4.6	5.4	6.0	5.1	4.8	5.6	5.8	6.0	65.1
Schluchsee	3.7	2.5	3.3	3.2	3.5	4.2	4.5	4.0	4.0	3.9	3.8	4.1	44.7
Schopfheim	4.1	3.0	3.4	3.6	3.0	3.5	4.0	4.0	3.4	3.7	3.8	4.2	43.7
Segeten	7.0	4.9	5.7	6.2	5.1	5.9	6.6	5.6	5.3	6.2	6.4	6.7	71.6
Todtnauberg	6.4	4.5	5.2	5.7	4.6	5.4	6.0	5.1	4.8	5.6	5.8	6.1	65.2
Waldau	4.9	3.5	4.2	4.5	4.6	5.2	6.0	5.5	5.3	4.9	5.4	5.2	59.2
Waldshut	3.1	2.1	2.9	2.8	3.0	3.6	3.8	3.4	3.4	3.3	3.3	3.5	38.2
Wolpadingen	4.7	3.4	3.8	4.2	3.7	4.3	4.9	4.2	4.0	4.4	4.8	4.7	51.1

Relative Häufigkeit der Niederschlagstage (‰ aller Tage)
nach Intervallen der Summen geordnet

Intervalle	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
<u>Bernau, 1890-1939</u>												
0.0 mm	3	2	6	4	3	2	2	3	2	3	3	2
0.1- 0.2 "	29	37	39	33	29	23	32	28	26	19	31	28
0.3- 0.4 "	21	26	21	27	15	21	19	15	13	24	14	21
0.5- 0.9 "	46	47	39	49	63	42	32	37	31	42	36	32
1.0- 2.4 "	85	84	85	98	101	88	77	70	70	73	86	63
2.5- 4.9 "	80	85	111	103	108	106	88	82	69	79	72	87
5.0- 9.9 "	105	87	109	120	110	117	113	119	105	94	99	111
10.0-24.9 "	109	99	87	102	92	125	130	114	95	104	104	112
25.0-49.9 "	28	26	20	19	28	27	31	27	38	39	30	34
mindestens 50.0 "	5	2	2	2	3	1	3	1	5	5	7	8

<u>Birkendorf, 1914(4)-1939</u>												
0.0 mm	.	4	4	4	1	.	2	1	4	1	.	.
0.1- 0.2 "	15	23	22	26	14	19	14	15	21	11	23	17
0.3- 0.4 "	30	20	15	24	25	24	19	14	19	24	15	35
0.5- 0.9 "	43	35	34	51	47	35	47	21	46	36	38	32
1.0- 2.4 "	94	88	103	145	114	104	70	91	92	92	72	92
2.5- 4.9 "	85	96	98	111	92	96	109	85	76	86	82	89
5.0- 9.9 "	105	78	80	95	113	127	94	109	94	83	91	82
10.0-24.9 "	98	58	61	77	81	91	94	82	82	80	82	97
25.0-49.9 "	10	11	9	4	12	14	25	15	17	24	13	21
mindestens 50.0 "	1	.	.	.	2	.	1	.	1	1	1	2

<u>Bonndorf, 1890-1939</u>												
0.0 mm	1	1	1	2	.	1	1	1	.	.	.	.
0.1- 0.2 "	48	57	43	73	34	35	36	35	39	38	56	51
0.3- 0.4 "	40	38	36	29	38	37	32	21	23	34	36	34
0.5- 0.9 "	57	58	51	52	53	50	37	42	42	55	47	54
1.0- 2.4 "	96	97	98	114	110	88	79	85	75	93	83	100
2.5- 4.9 "	88	80	94	111	112	105	105	96	83	81	92	79
5.0- 9.9 "	92	85	83	95	93	104	100	94	87	83	78	81
10.0-24.9 "	56	36	67	60	69	92	79	76	69	74	60	72
25.0-49.9 "	11	6	3	4	11	13	19	12	12	12	7	10
mindestens 50.0 "	1	1	.	.	1	1	1	1	1	.	2	3

<u>Bubenbach, 1912-1939</u>												
0.0 mm	17	18	21	27	20	14	7	12	6	16	8	7
0.1- 0.2 "	85	81	42	49	43	35	32	37	51	57	82	83
0.3- 0.4 "	39	33	31	37	35	14	21	25	30	33	51	42
0.5- 0.9 "	78	66	68	67	43	58	52	32	52	44	60	54
1.0- 2.4 "	105	94	118	113	114	110	85	87	76	97	81	112
2.5- 4.9 "	97	94	108	123	115	105	105	113	96	95	98	93
5.0- 9.9 "	104	85	95	143	119	137	123	123	95	82	101	88
10.0-24.9 "	99	66	66	69	84	105	107	83	87	96	79	96
25.0-49.9 "	10	10	10	2	13	10	25	20	24	17	19	14
mindestens 50.0 "	.	.	.	.	.	1	1	1	.	.	.	1

Intervalle	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
<u>Schönau i. Schw. 1912-1939</u>												
0.0 mm	6	15	7	6	10	18	6	2	7	5	4	2
0.1- 0.2 "	32	30	15	41	41	18	29	38	33	30	35	20
0.3- 0.4 "	16	16	14	20	22	24	14	19	18	24	25	16
0.5- 0.9 "	44	37	33	36	38	37	32	21	44	37	27	38
1.0- 2.4 "	75	62	78	89	83	100	83	53	73	61	64	74
2.5- 4.9 "	78	72	100	100	106	99	88	70	65	81	69	96
5.0- 9.9 "	117	100	98	110	134	124	106	131	88	98	95	98
10.0-24.9 "	146	105	109	127	100	120	134	143	105	104	130	121
25.0-49.9 "	46	32	33	32	24	26	32	29	86	40	38	48
mindestens 50.0 "	1	4	3	2	1	1	5	2	5	15	7	9
<u>Titisee, 1890-1939</u>												
0.0 mm	3	6	4	10	2	1	1	1	3	1	3	3
0.1- 0.2 "	40	45	39	39	38	29	24	38	31	34	39	42
0.3- 0.4 "	32	30	20	24	18	21	19	15	20	21	22	19
0.5- 0.9 "	34	49	36	58	39	33	37	26	29	30	33	30
1.0- 2.4 "	92	112	121	123	107	110	81	90	79	86	91	94
2.5- 4.9 "	93	77	130	116	137	111	78	96	89	96	93	88
5.0- 9.9 "	113	100	115	125	117	128	124	108	101	102	87	110
10.0-24.9 "	83	80	75	89	86	104	110	92	83	90	79	91
25.0-49.9 "	14	7	13	8	13	17	19	17	20	17	21	17
mindestens 50.0 "	1	1	.	.	1	1	2	1	1	3	2	3
<u>Todtmoos, 1890-1939</u>												
0.0 mm	5	2	3	6	5	7	3	4	5	1	1	2
0.1- 0.2 "	13	26	13	15	19	11	14	11	11	11	7	18
0.3- 0.4 "	28	19	19	17	16	13	14	17	10	17	99	12
0.5- 0.9 "	42	43	41	40	36	49	37	33	43	26	25	39
1.0- 2.4 "	63	77	71	94	83	68	61	68	58	57	61	57
2.5- 4.9 "	67	69	83	85	88	92	91	71	74	76	58	71
5.0- 9.9 "	89	84	107	100	123	119	111	110	89	90	99	89
10.0-24.9 "	137	114	115	136	114	152	134	127	117	122	120	131
25.0-49.9 "	51	46	39	39	29	29	50	35	29	50	43	63
mindestens 50.0 "	11	11	7	4	10	2	3	4	7	10	10	10

Mittlere größte Tagessummen des Niederschlags (mm)

Zeitraum: 1891-1940

Ort	See- höhe m	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Jahr	Bemerkungen
Bernau	922	29.9	27.5	25.8	24.2	30.0	28.7	31.8	28.4	31.8	31.3	34.5	35.1	60.2	
Bonndorf	850	18.8	15.5	16.6	16.1	22.4	23.9	25.9	23.1	24.8	20.9	22.3	21.9	48.1	
Bubenbach	935	20.9	17.0	19.0	16.4	23.2	25.0	26.7	25.7	24.6	25.4	23.0	23.0	42.6	1911-1940
Bürchau	630	31.5	31.6	32.7	31.6	32.6	32.5	38.4	31.3	37.2	35.0	34.9	37.7	63.9	1892-1940
Donaueschingen	690	13.4	10.0	12.7	12.8	19.6	20.9	21.6	22.4	20.6	16.8	14.8	13.7	34.7	
Feldberg (komb.)	1267	36.8	33.7	32.3	29.3	37.7	36.7	40.9	33.4	37.7	41.3	39.7	37.9	79.6	
Freiburg	281	12.3	11.8	14.4	16.0	21.6	24.8	25.5	24.9	24.0	19.4	16.4	14.2	38.6	
Obermünstertal	539	18.3	16.8	20.6	21.8	25.8	32.0	31.7	25.6	29.0	22.8	21.3	19.7	47.9	
St. Blasien	780	32.0	28.0	28.1	24.3	30.7	26.1	28.1	26.4	29.3	28.3	34.1	30.9	60.2	1902(5)-1940
Schönau i. Schw.	534	34.3	31.3	30.2	27.6	28.4	29.1	33.3	30.5	33.9	34.1	36.9	36.3	62.2	1903(3)-1940(9)
Titisee	848	23.2	18.2	20.0	17.4	23.2	24.4	26.8	23.4	26.4	24.9	26.0	24.3	46.0	
Todtmoos	808	39.4	36.0	33.8	31.5	34.8	30.7	35.4	30.9	34.6	36.0	42.3	41.8	71.8	
Todtnauberg	1022	31.9	33.6	34.6	28.4	31.1	37.1	38.3	31.9	38.4	35.0	37.2	40.3	65.5	ohne 1920-1935

Größte Tagessummen des Niederschlags (mm)

Ort	See- höhe m	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Jahr	Zeitraum
Bernau	922	78	(73)	70	(58)	95	(59)	(73)	61	79	79	94	117	(117)	91-45(1) m. U.
Birkendorf	724	(53)	39	31	46	(54)	48	58	47	52	(57)	56	70	(70)	14(4)-45(2) m. U.
Bonndorf	850	66	79	42	35	60	58	85	75	81	48	135	97	135	91-45(2)
Bubenbach	935	47	35	37	(39)	44	59	58	50	45	(49)	75	(69)	(75)	11-45(2) m. U.
Bürchau	630	63	(80)	(82)	(81)	(80)	93	72	68	88	88	105	95	(105)	92-45(1) m. U.
Donaueschingen	690	(46)	(28)	(25)	(36)	(46)	(33)	(52)	(68)	(65)	(33)	(50)	(34)	(68)	91-45(2) m. U.
Eberfingen	430	43	27	35	19	43	56	32	41	36	45	63	40	63	36(2)-44
Feldberg (komb.)	1267	(101)	(100)	(79)	(81)	(177)	(76)	(126)	(67)	(101)	(129)	(114)	(133)	(177)	91-43 m. U.
Freiburg	281	31	29	28	(40)	53	56	54	61	62	44	52	37	(62)	91-42 m. U.
Grießen	407	36	29	45	26	46	43	35	54	(41)	43	72	38	72	36(2)-44
Krenkingen	554	38	30	39	23	46	62	42	45	36	48	81	47	81	37-44
Lenzkirch	820	22	18	13	15	31	26	24	18	(28)	(10)	49	26	(49)	41-44(9) m. U.
Neustadt	850	36	39	29	24	35	46	47	(38)	40	(34)	46	(27)	(47)	37-44(5) m. U.
Obermünstertal	539	(55)	(52)	51	50	60	(95)	83	77	75	48	(51)	57	(95)	91-44 m. U.
St. Blasien	780	(98)	(75)	(84)	(56)	87	64	67	(58)	64	(72)	(109)	(142)	(142)	02(5)-44(6) m. U.
Schluchsee	932	50	37	43	31	63	48	34	51	58	49	86	45	86	37-44
Schönau i. Schw.	534	95	65	58	67	86	66	66	67	90	95	79	109	109	03(3)-40(9)
Titisee	848	(68)	(54)	(40)	(39)	(66)	(58)	(68)	(51)	(68)	(60)	(92)	(63)	(92)	91-42(10) m. U.
Todtmoos	808	(122)	(105)	(110)	(77)	(92)	(75)	(97)	(66)	(88)	(88)	(135)	(124)	(135)	91-45(2) m. U.
Todtnauberg	1022	(78)	(71)	(89)	(63)	(73)	(77)	(71)	(77)	(81)	(75)	(84)	(89)	(89)	91-44(10) o. 20-35
Waldshut	360	33	31	42	29	36	48	43	52	39	49	36	28	52	36(2)-44(9)

Zahl der Fälle von Trocken- (T) und Naßperioden (N) bestimmter Dauer

		Bernau (Be): 1912-1944		Bonndorf (Bo): 1912-1944		Titisee (Ti): 1912-1942		Todtmoos (To): 1912-1944				Bemerkungen
		1 - 5		6 - 10		11 - 15		16 - 25		> 25 Tage		
		T	N	T	N	T	N	T	N	T	N	
Januar	Be	129	112	13	28	5	4	2	1	1	-	
	Bo	124	118	21	24	7	4	1	-	-	-	
	Ti	106	101	13	18	10	6	1	1	-	-	
	To	110	92	13	28	8	4	5	4	1	1	
Februar	Be	85	90	15	18	7	7	4	-	2	-	
	Bo	105	121	16	14	8	-	8	1	-	-	
	Ti	89	93	10	16	7	2	4	-	2	-	
	To	82	93	19	22	8	5	5	-	-	-	
März	Be	90	103	29	17	5	2	4	3	-	1	
	Bo	90	105	29	24	9	-	3	1	-	-	
	Ti	98	107	20	13	7	4	3	2	-	-	
	To	92	97	25	18	5	3	4	-	-	1	
April	Be	121	116	16	24	3	3	2	1	-	-	ohne 1941
	Bo	127	130	26	24	3	2	-	1	-	-	
	Ti	109	109	20	21	4	5	-	1	-	-	
	To	106	115	24	16	4	5	1	3	2	-	
Mai	Be	151	139	16	24	1	5	-	1	-	-	
	Bo	145	148	20	20	3	1	-	-	-	-	
	Ti	131	129	14	18	4	2	-	1	-	-	
	To	126	124	17	18	3	6	2	1	-	-	
Juni	Be	144	135	15	20	4	5	1	-	-	-	
	Bo	139	136	16	24	4	1	1	-	-	-	
	Ti	134	122	16	26	3	2	-	1	-	-	
	To	134	134	20	20	3	5	1	1	-	-	
Juli	Be	144	143	17	23	5	2	-	-	-	-	ohne 1916
	Bo	155	164	18	14	7	1	-	-	-	-	
	Ti	138	138	17	21	5	-	-	-	-	-	
	To	149	141	18	27	3	3	-	-	-	-	
August	Be	133	136	23	19	7	5	-	-	-	-	
	Bo	125	139	28	17	7	3	-	-	-	-	
	Ti	119	132	22	19	6	1	2	1	-	-	
	To	135	137	22	18	3	3	2	1	-	-	
September	Be	95	103	27	24	6	2	2	1	-	-	
	Bo	108	120	22	19	7	2	4	-	-	-	
	Ti	99	108	19	15	8	3	2	1	-	-	
	To	101	103	25	28	5	1	4	1	-	-	
Oktober	Be	89	99	24	21	9	3	2	2	1	-	ohne 1944
	Bo	100	115	20	19	13	1	2	-	1	1	
	Ti	93	103	23	18	8	4	3	3	-	-	
	To	99	107	24	24	6	2	3	2	2	-	
November	Be	94	93	19	21	4	-	2	3	2	-	ohne 1921 und 1944
	Bo	103	111	19	18	4	4	3	1	2	-	
	Ti	92	98	10	16	5	2	3	-	3	-	
	To	102	102	19	22	3	1	3	2	2	-	
Dezember	Be	89	104	26	17	4	5	5	2	-	-	ohne 1944
	Bo	93	114	28	13	6	7	5	1	-	-	
	Ti	82	100	20	14	5	6	3	-	-	-	
	To	92	106	20	15	4	6	6	1	1	-	

Monats- und Jahresmittel der Lufttemperatur (°C)

Zeitraum: 1881-1940

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Jahr
Feldberg, 1493 m	-4.2	-3.8	-2.1	0.8	5.5	8.6	10.4	10.2	7.7	3.4	-0.2	-2.8	2.8
Höchenschwand, 1005 m	-2.3	-1.8	0.8	4.5	9.3	12.4	14.3	13.8	10.9	5.9	1.7	-1.4	5.7
St. Blasien, 780 m	-2.3	-1.4	1.1	5.0	9.7	13.1	14.5	13.8	10.9	6.2	2.1	-1.5	5.9
Donaueschingen, 693 m	-2.9	-1.9	1.6	5.8	10.8	14.1	15.8	14.7	11.4	6.4	1.9	-1.9	6.3
Böttstein (Schweiz), 360 m	-0.7	0.5	4.0	8.3	12.9	16.2	17.8	16.9	13.6	8.5	3.9	0.5	8.5
Waldshut, 340 m	-0.6	0.9	4.7	9.1	13.4	16.6	18.0	17.2	14.1	8.8	4.1	0.5	8.9
Angenäherte Angaben für das Wutachgebiet													
Höhen in 1100 m	-2.5	-2.0	0.0	3.0	8.0	11.0	13.0	12.5	9.5	5.0	1.5	-1.5	5.0
Talgrund in 800 m	-2.5	-2.0	0.5	4.5	9.5	13.0	14.5	13.5	10.5	5.5	1.5	-1.5	5.5
Höhen in 700 m	-2.0	-1.0	2.0	6.0	11.0	14.0	15.5	15.0	12.0	7.0	2.5	-1.0	7.0
Tal in 500 m	-1.5	-0.5	3.0	7.0	12.0	15.5	17.0	16.0	12.5	7.5	3.0	-0.5	7.5
Angenäherte Angaben für das Hotzenwaldgebiet													
Höhen in 1100 m	-2.5	-2.0	0.0	3.0	8.0	11.0	13.0	12.5	9.5	5.0	1.5	-1.5	5.0
Talmulden in 900 m	-2.5	-2.0	0.5	4.5	9.5	12.5	14.0	13.5	10.5	5.5	1.5	-1.5	5.5
Talgrund in 700 m	-2.5	-1.5	1.0	5.0	10.0	13.5	15.0	14.0	11.0	6.0	2.0	-1.5	6.0
Hänge in 800 m	-1.5	-1.0	1.5	5.0	10.0	13.0	15.0	14.5	11.5	6.5	2.5	-0.5	6.5
Hänge in 500 m	-0.5	0.5	3.5	7.5	12.5	15.5	17.0	16.5	13.5	8.5	4.0	0.5	8.0

Höchste und tiefste Monats- und Jahresmittel der Lufttemperatur (°C)

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Jahr	Zeitraum
<u>Höchenschwand</u>														
Maxima	2.7	3.5	5.9	9.2	12.8	15.8	18.0	17.7	16.1	10.5	5.5	2.8	7.4	1881-1940, 43,
Minima	-7.2	-9.0	-3.3	0.8	4.7	8.6	11.2	10.2	5.5	0.5	-1.4	-6.3	4.4	44, 47-50
<u>St. Blasien</u>														
Maxima	2.1	2.6	4.3	8.1	12.9	15.8	17.3	17.3	13.8	9.0	5.7	3.3	7.0	1902-1944, 47-50
Minima	-7.9	-7.6	-1.6	1.8	5.8	9.3	11.9	11.1	6.9	1.7	-1.4	-6.2	4.9	
<u>Donaueschingen</u>														
Maxima	2.2	3.6	4.7	9.0	13.5	16.9	18.4	17.8	14.6	8.9	5.1	2.8	7.4	1881-1938
Minima	-8.6-11.0	-2.4	2.8	7.0	10.6	12.7	12.0	7.7	1.9	-1.7	-7.6	5.0		
<u>Böttstein (Schweiz)</u>														
Maxima	4.4	4.9	7.1	11.6	16.7	19.1	21.1	20.9	17.3	12.0	7.0	4.7	10.1	1881-1950
Minima	-6.3	-7.5	0.6	5.4	9.4	13.1	15.4	14.3	9.7	4.6	1.2	-4.9	7.2	

Absolut höchste Maxima und tiefste Minima der Lufttemperatur (°C)

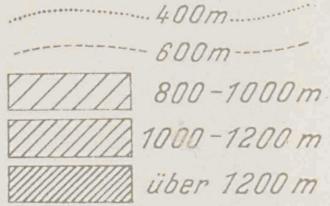
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Jahr	Zeitraum
<u>Feldberg</u>														
Maxima	10.4	12.5	12.8	20.6	21.9	25.1	26.7	25.5	24.6	20.2	16.8	12.2	26.7	1925-1944, 47-50
Minima	-22.8	-27.7	-17.8	-14.2	-10.0	-1.9	-0.4	-0.8	-5.4	-10.1	-14.5	-21.6	-27.7	
<u>Höhenschwand</u>														
Maxima	13.5	15.1	19.2	24.0	27.5	30.2	32.5	31.5	28.0	21.8	18.0	15.8	32.5	1881-1940, 43, 44,
Minima	-23.2	-25.7	-17.2	-10.2	-4.8	-1.0	0.2	1.5	-2.5	-10.5	-15.6	-20.0	-25.7	47-50
<u>St. Blasien</u>														
Maxima	12.5	13.7	19.2	25.0	29.1	32.9	33.4	34.2	30.1	24.0	17.3	15.5	34.2	1902-1944, 47-50
Minima	-26.1	-26.9	-24.4	-12.4	-7.2	-1.5	-0.1	-0.8	-3.1	-10.2	-19.5	-24.2	-26.9	
<u>Donaueschingen</u>														
Maxima	12.6	17.0	20.3	27.6	29.6	31.9	34.7	32.8	29.5	23.7	19.5	15.4	34.7	1881-1938
Minima	-32.5	-33.6	-24.4	-16.0	-6.5	-2.8	-0.5	-1.7	-5.8	-10.8	-22.3	-28.8	-33.6	

Schwarzwald
Bereich
des Schluchseewerkes

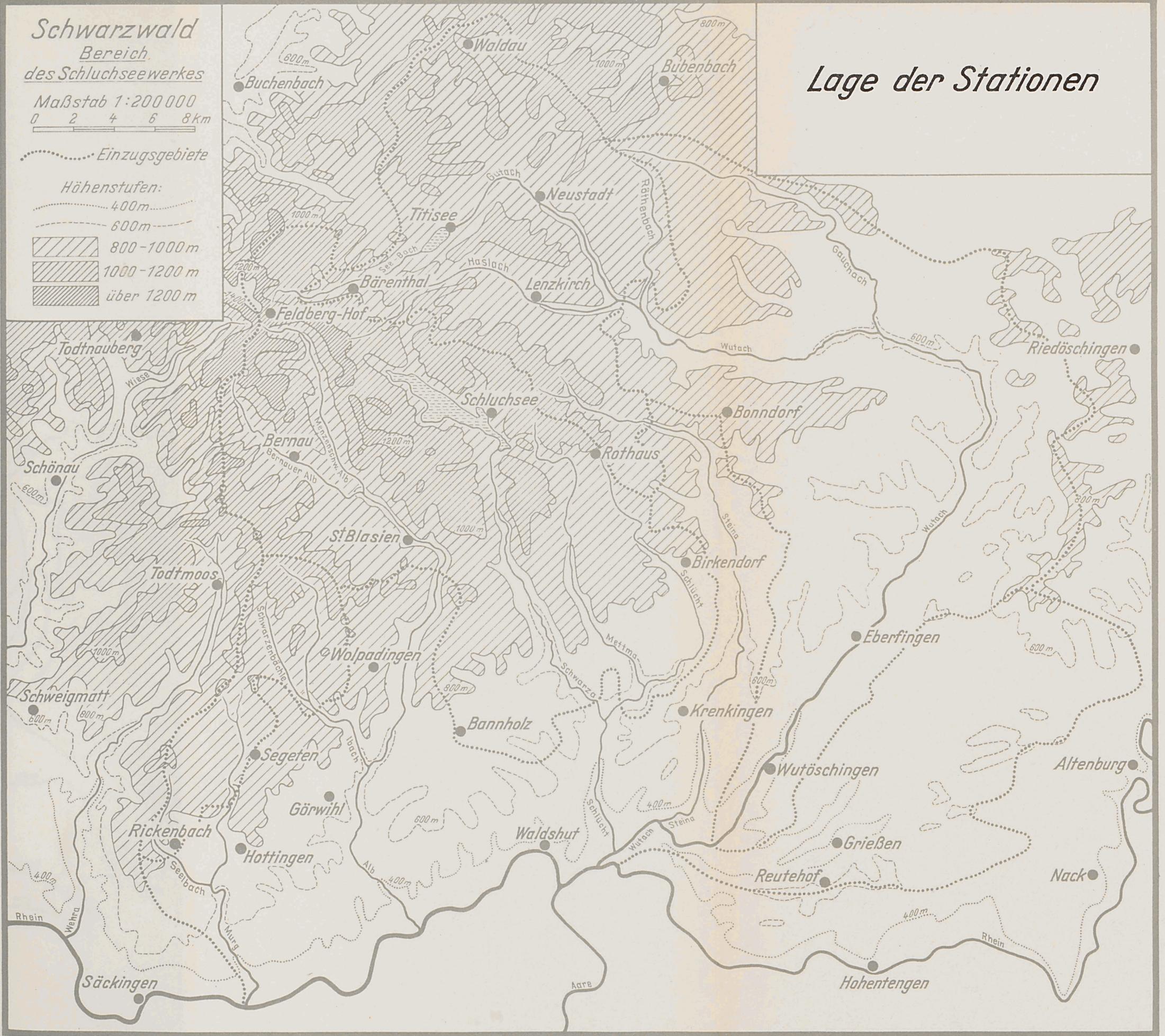
Maßstab 1:200 000
0 2 4 6 8 km

..... Einzugsgebiete

Höhenstufen:



Lage der Stationen



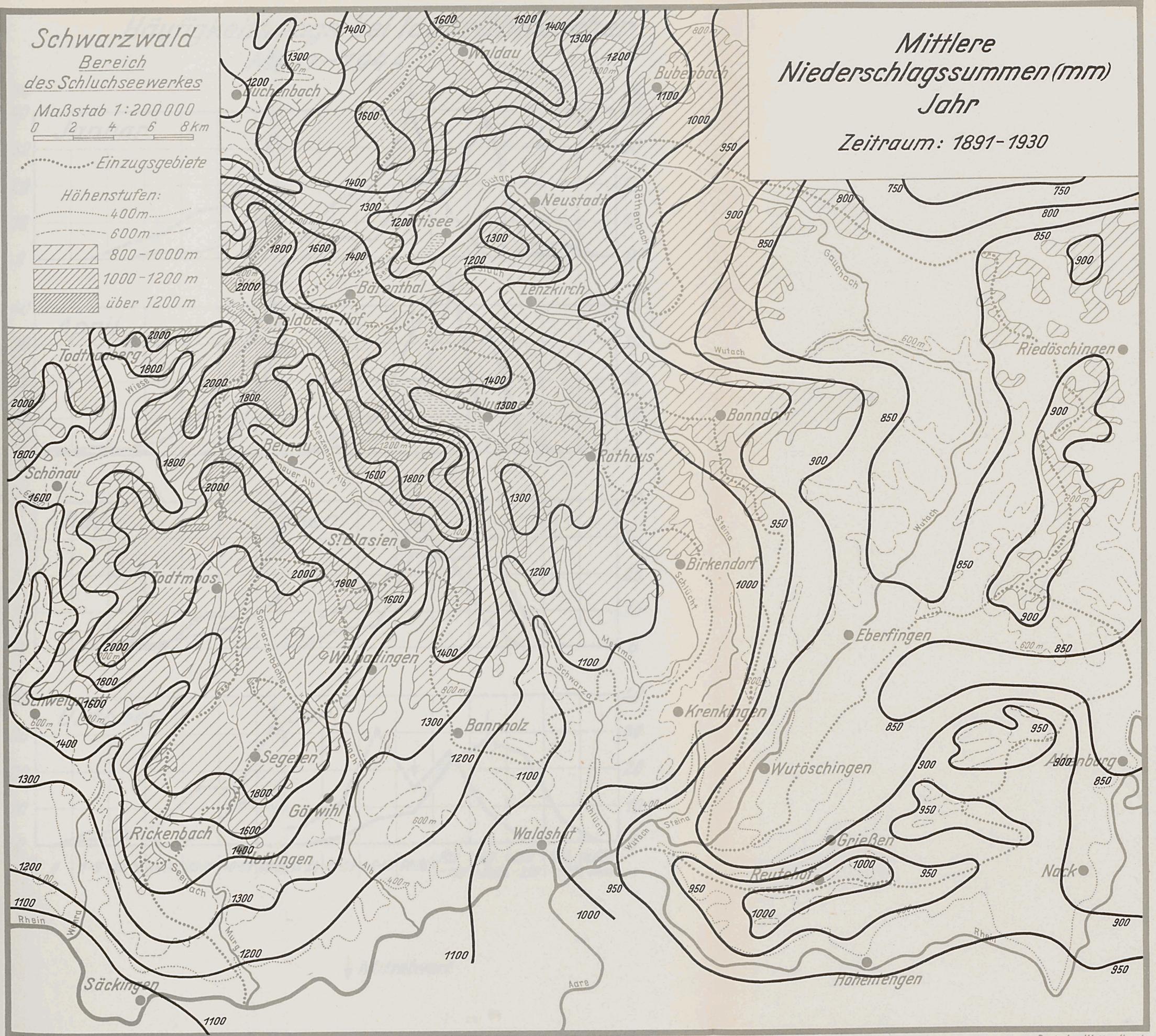
Schwarzwald Bereich des Schluchseewerkes

Maßstab 1:200 000
0 2 4 6 8 km

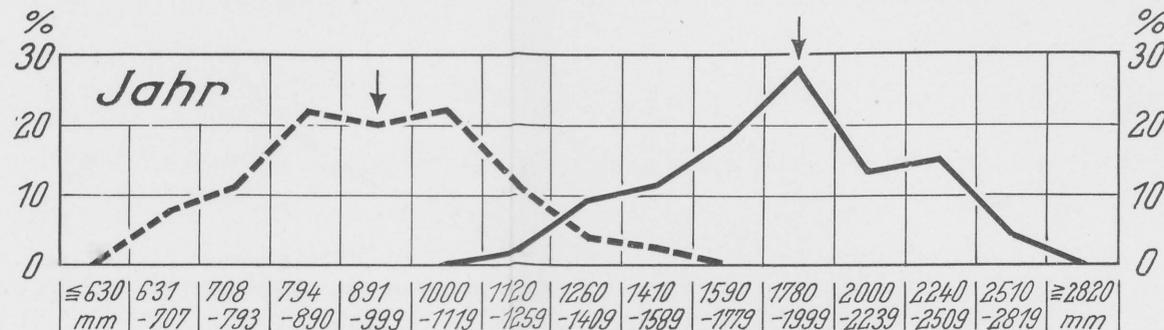
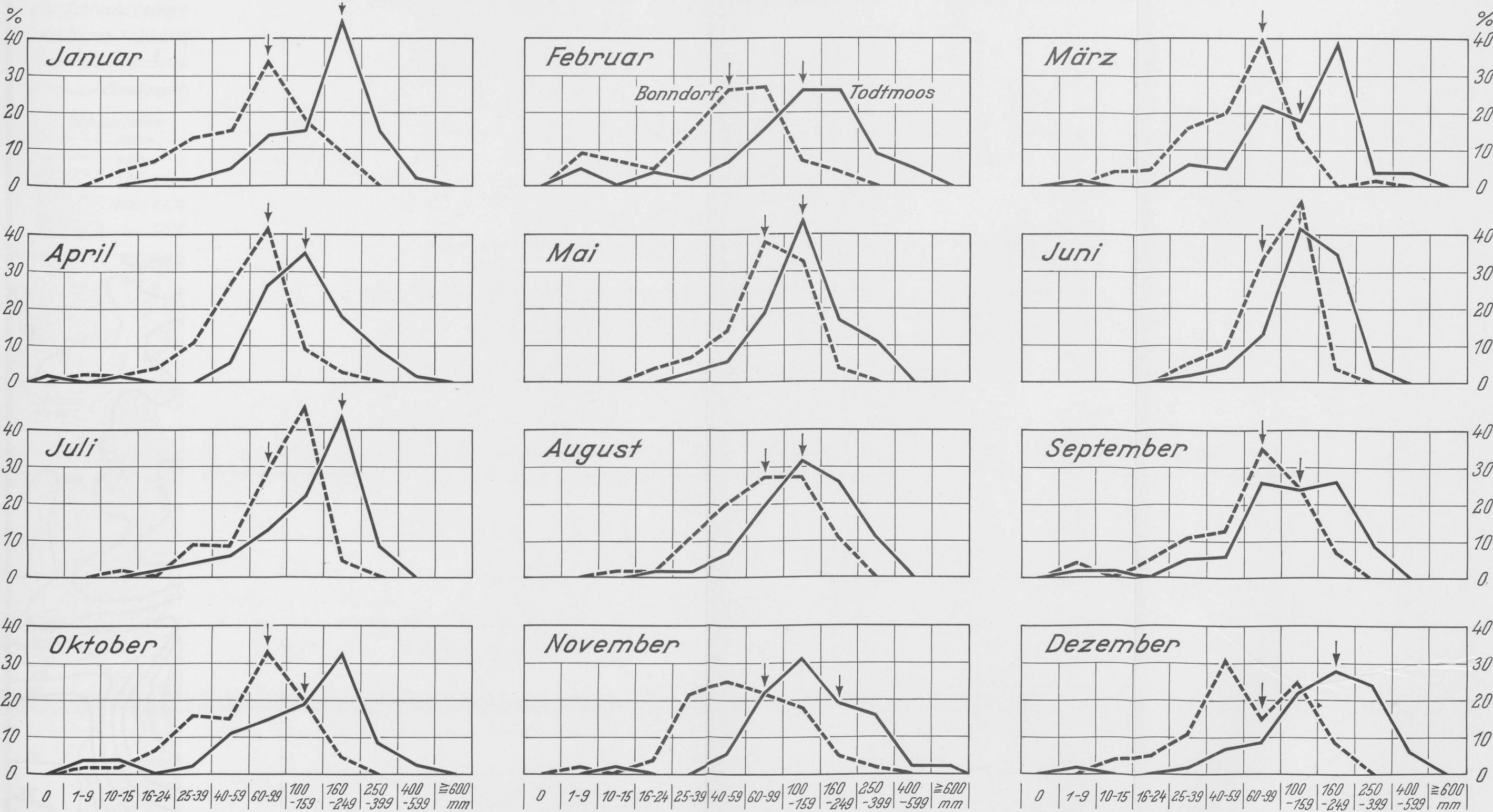
- Einzugsgebiete
- Höhenstufen:
 - 400m
 - 600m
 - 800-1000m
 - 1000-1200m
 - über 1200m

Mittlere Niederschlagssummen (mm) Jahr

Zeitraum: 1891-1930



Häufigkeitsverteilung (%) der Monats- und Jahressummen des Niederschlags bei logarithmischer Merkmalskala von Todtmoos — u. Bonndorf — Zeitraum 1891-1944



↓ Mittelwert

Schwarzwald Bereich des Schluchseewerkes

Maßstab 1:200 000
0 2 4 6 8 km

..... Einzugsgebiete

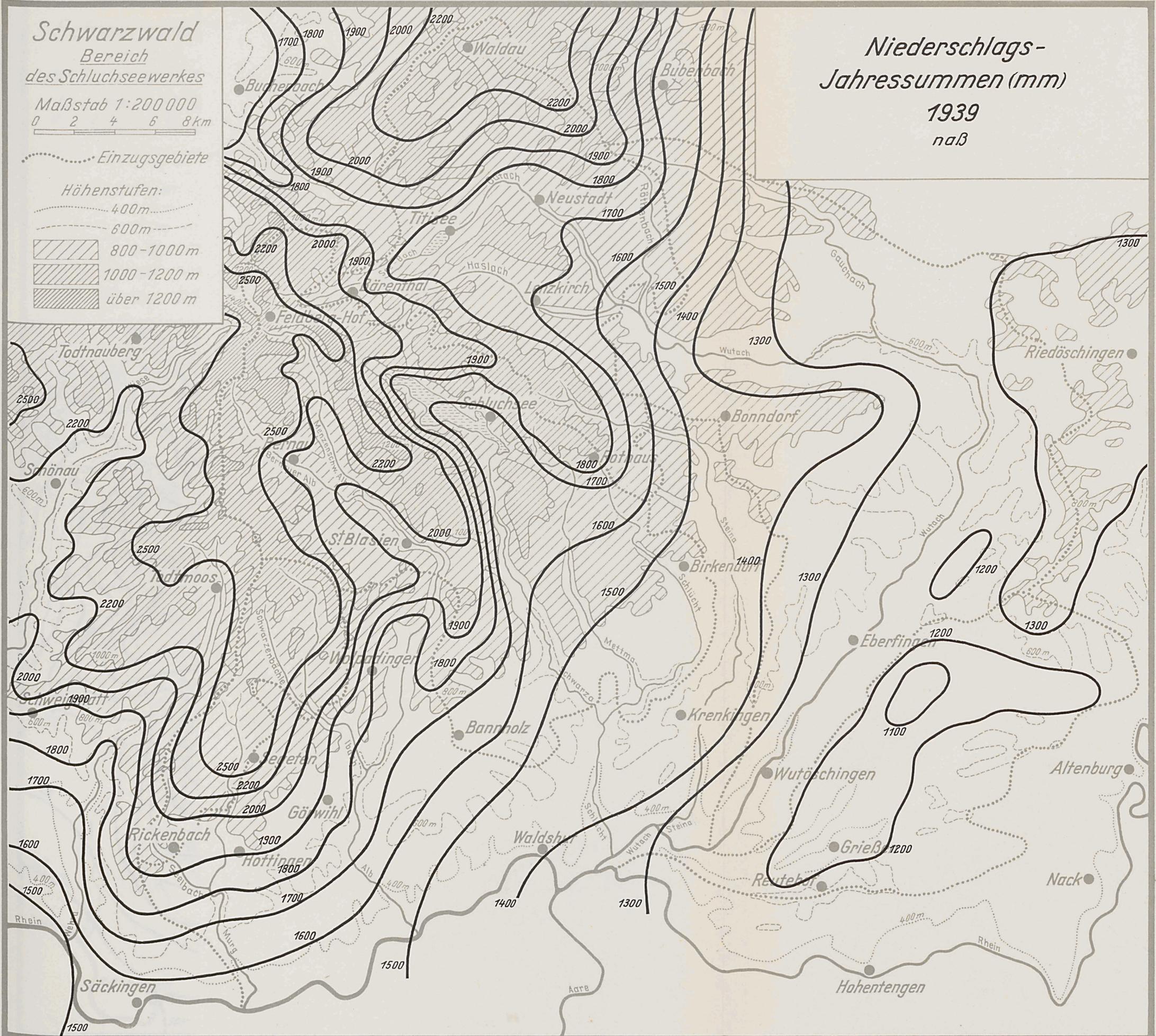
Höhenstufen:

- 400m
- 600m
- ▨ 800-1000 m
- ▨ 1000-1200 m
- ▨ über 1200 m

Niederschlags- Jahressummen (mm)

1939

naß



Schwarzwald Bereich des Schluchseewerkes

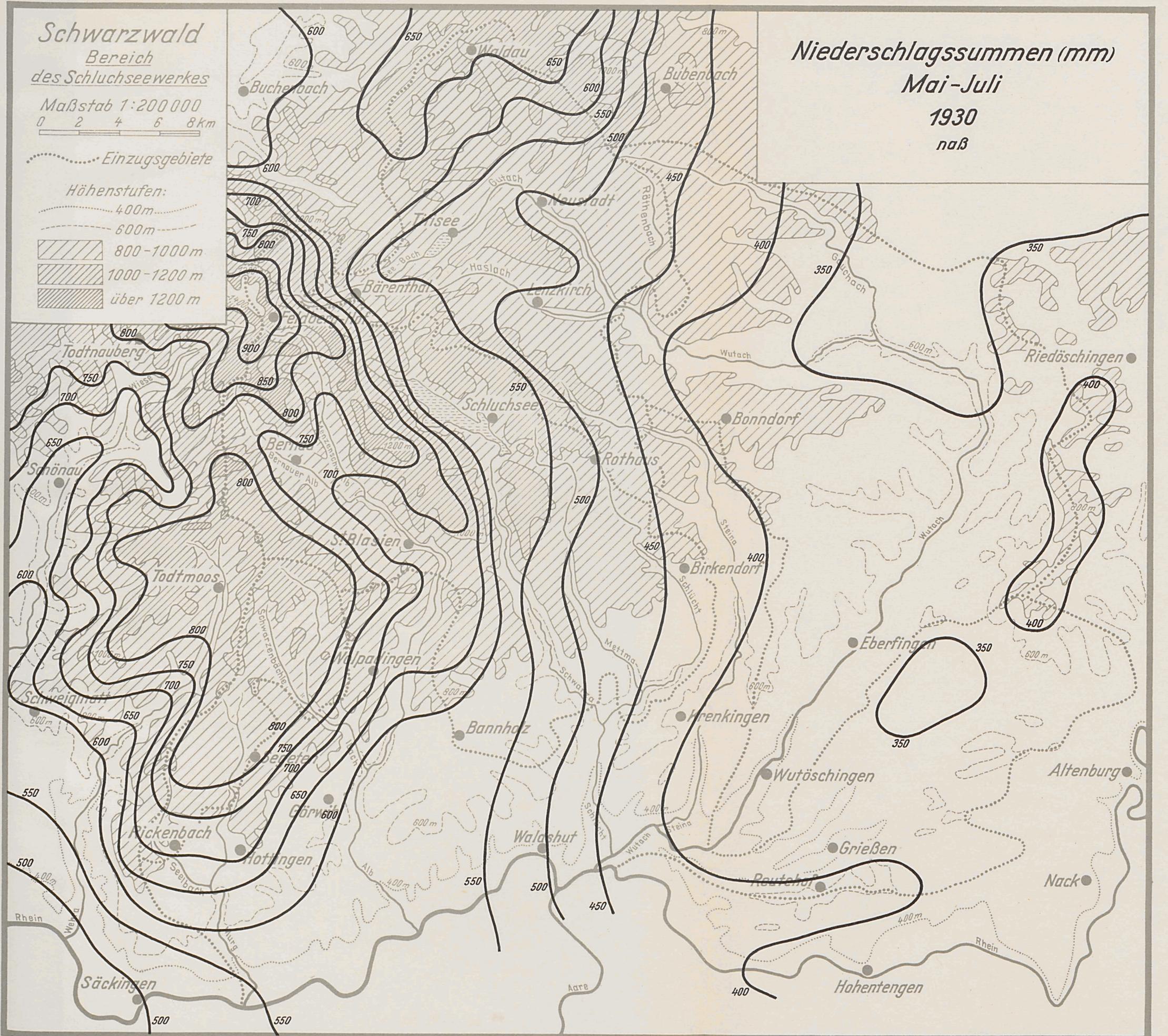
Maßstab 1:200 000
0 2 4 6 8 km

..... Einzugsgebiete

Höhenstufen:

- 400m
- 600m
- ▨ 800-1000m
- ▨ 1000-1200m
- ▨ über 1200m

Niederschlagssummen (mm) Mai-Juli 1930 naß

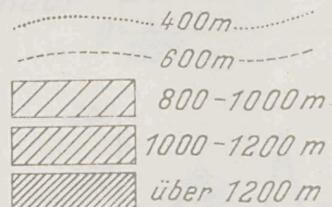


Schwarzwald
Bereich
des Schluchseewerkes

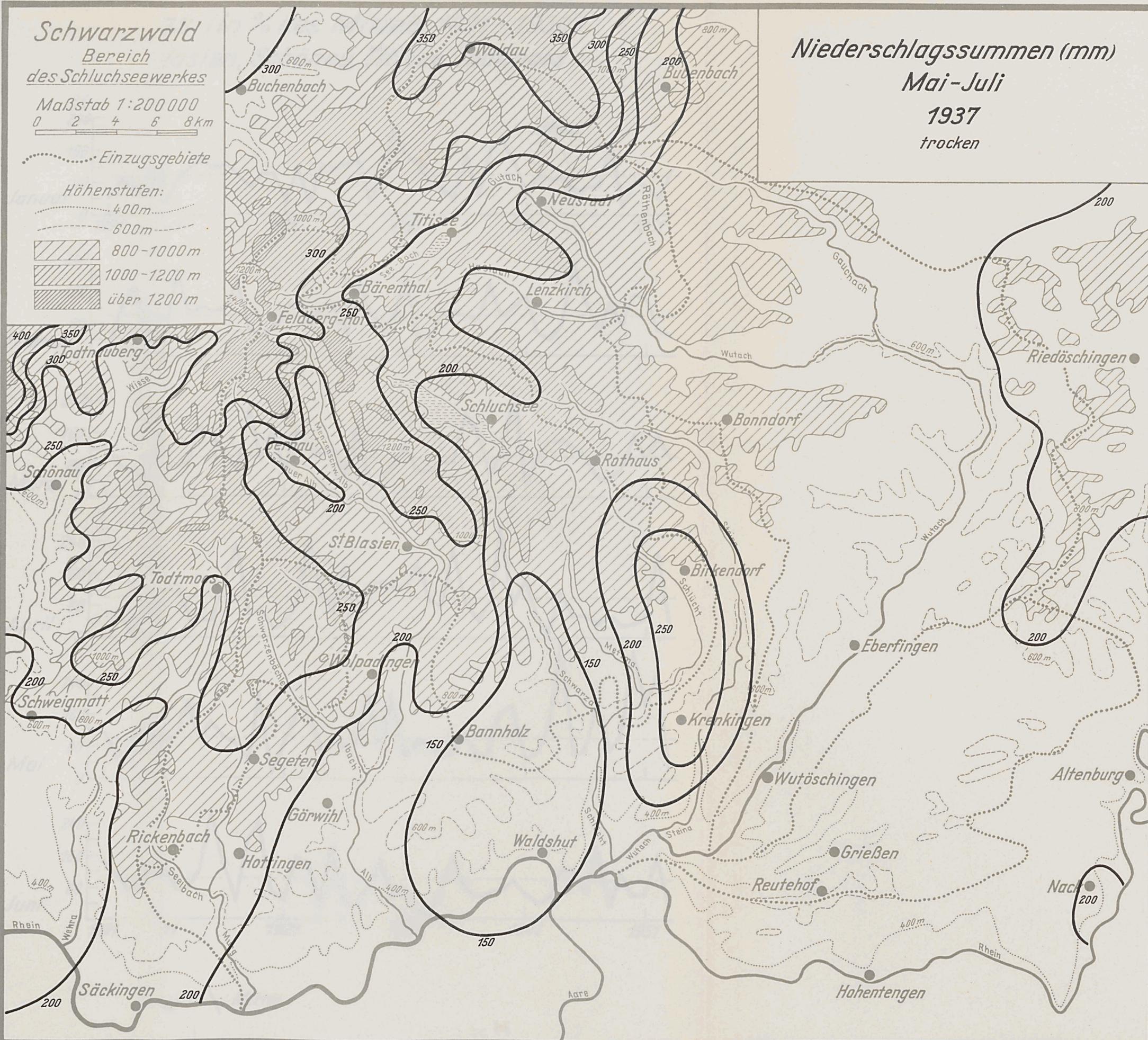
Maßstab 1:200 000
0 2 4 6 8 km

..... Einzugsgebiete

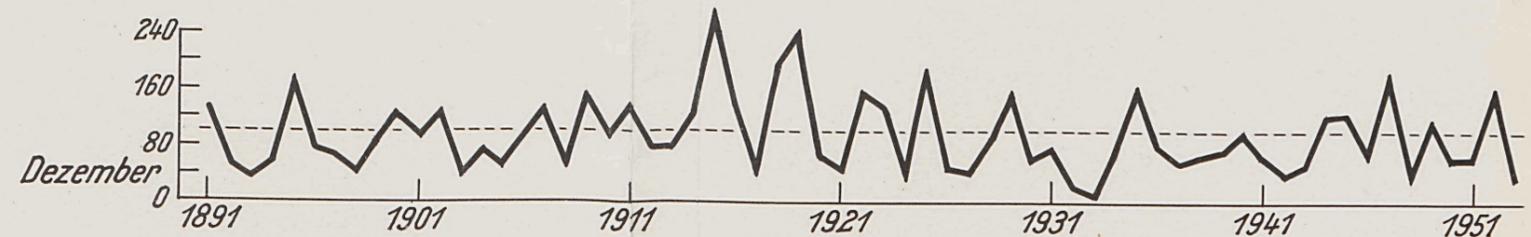
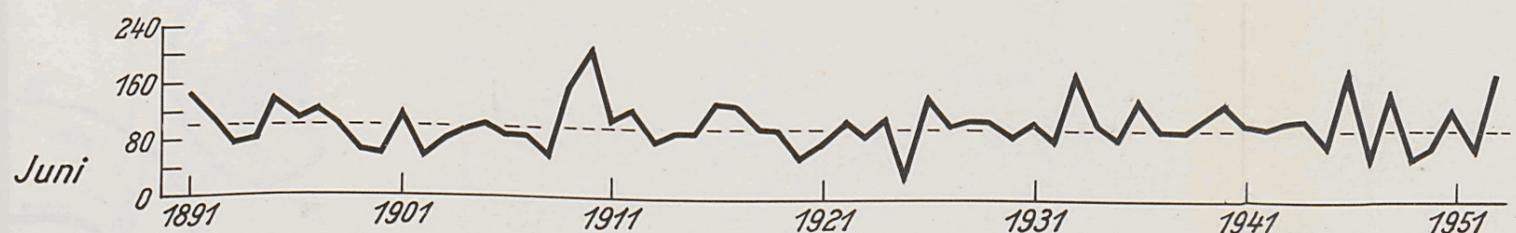
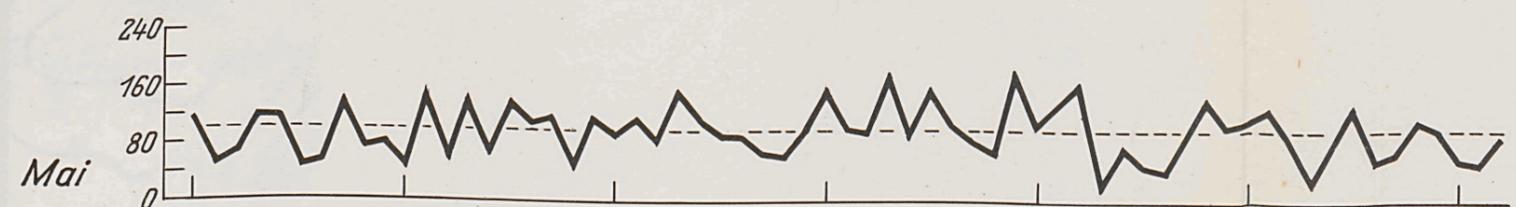
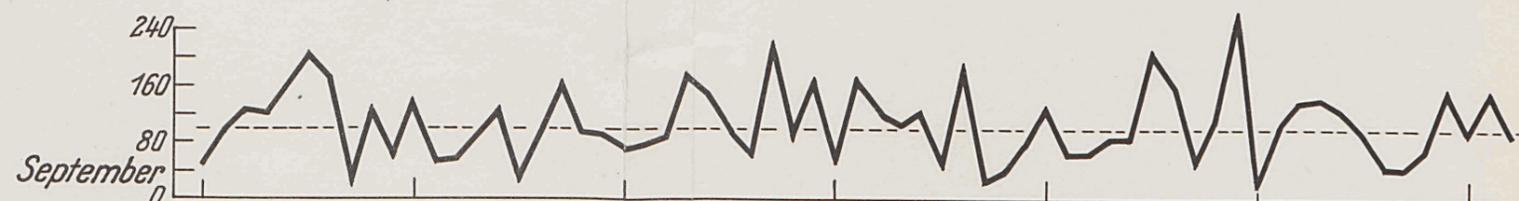
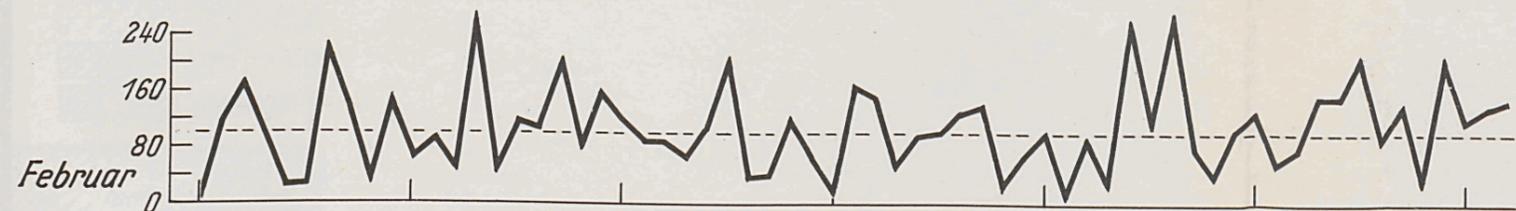
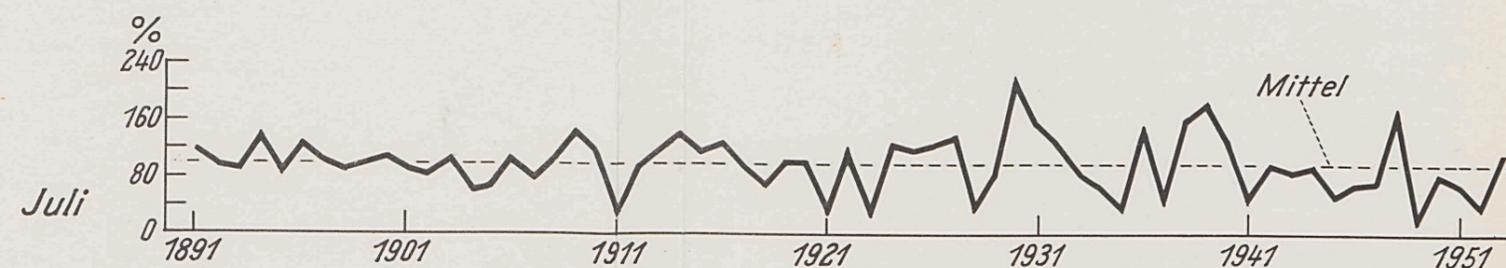
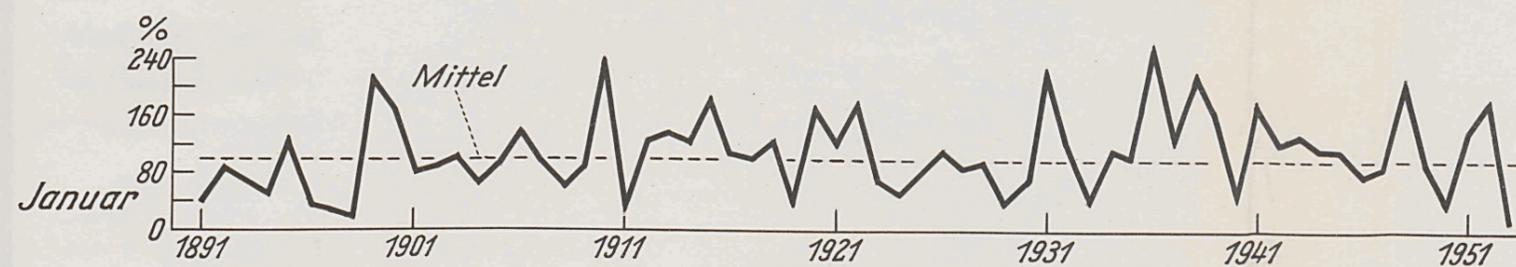
Höhenstufen:



Niederschlagssummen (mm)
Mai-Juli
1937
trocken



Zeitlicher Verlauf der Monats- und Jahressummen des Niederschlags (in % des Mittels 1891-1930)
Räumliches Mittel der Orte : Bernau, Bonndorf, Bürchau, Donaueschingen, Freiburg, St Blasien, Schönau, Titisee, Todtmoos



Schwarzwald

Bereich
des Schluchseewerkes

Maßstab 1:200 000

0 2 4 6 8 km

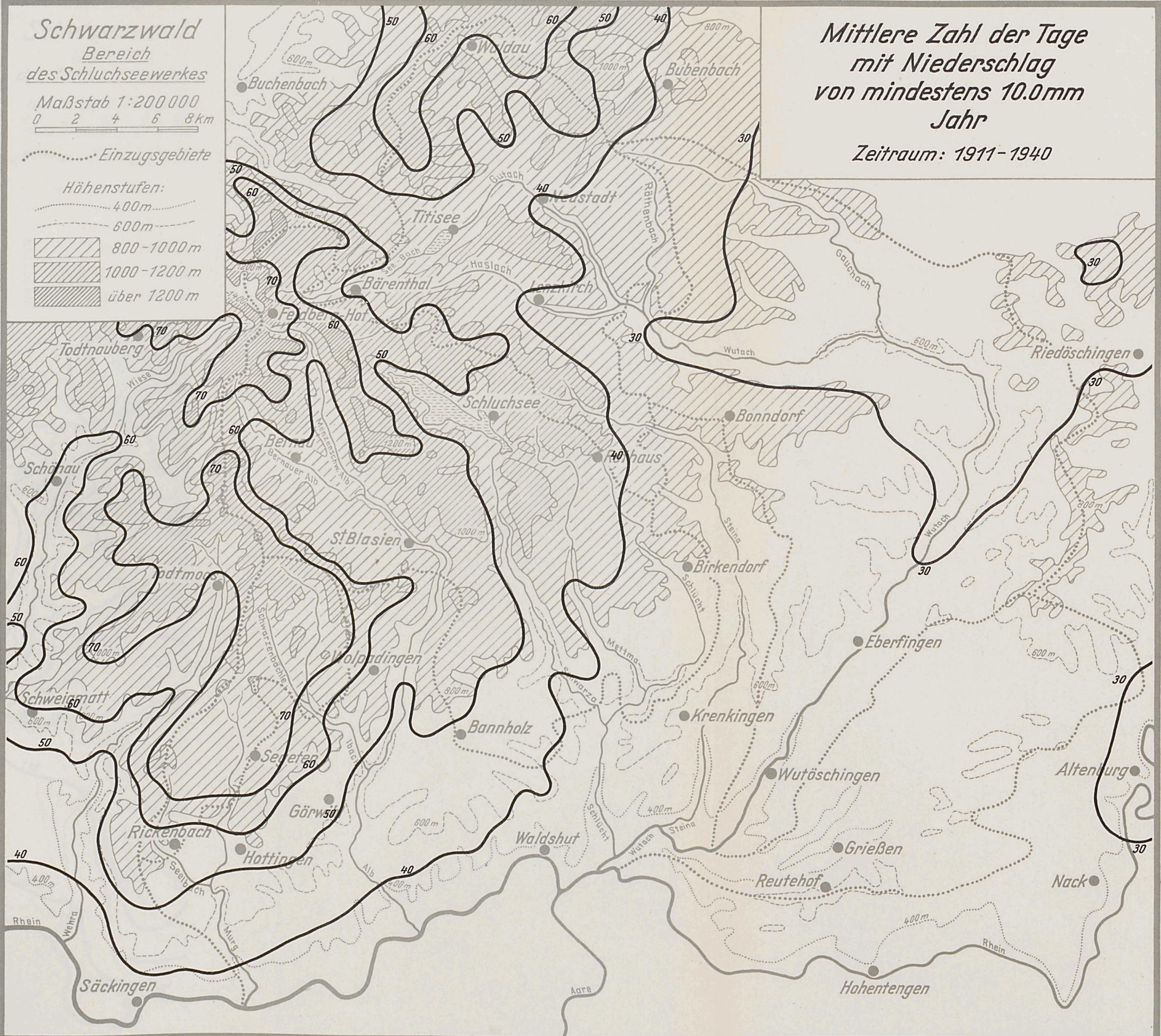
..... Einzugsgebiete

Höhenstufen:

- 400m
- 600m
- ▨ 800-1000m
- ▨ 1000-1200m
- ▨ über 1200m

Mittlere Zahl der Tage
mit Niederschlag
von mindestens 10.0mm
Jahr

Zeitraum: 1911-1940

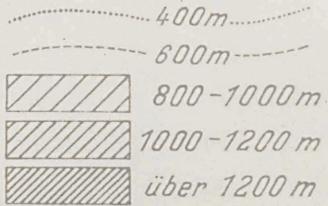


Schwarzwald
Bereich
des Schluchseewerkes

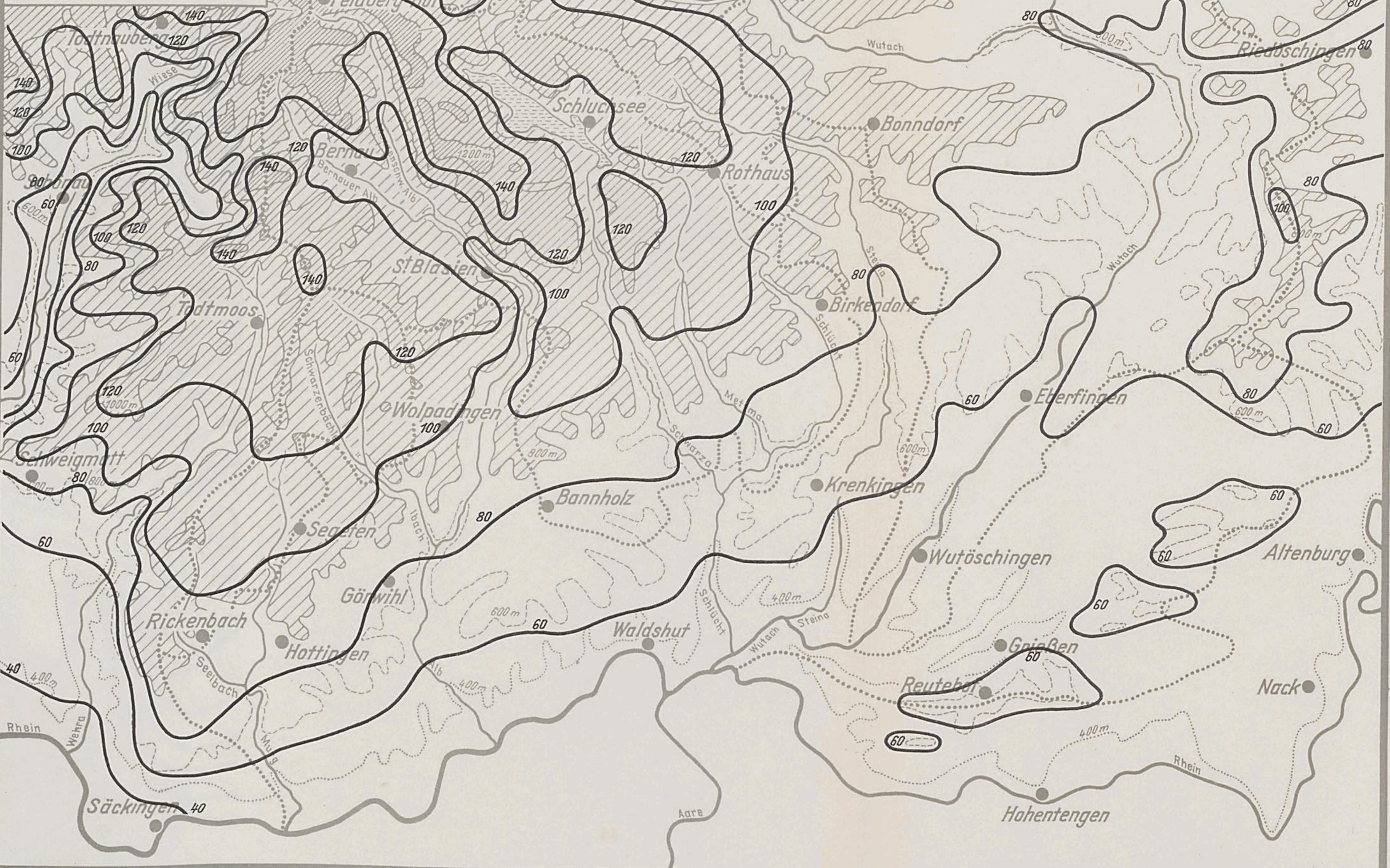
Maßstab 1:200 000
0 2 4 6 8 km

..... Einzugsgebiete

• Höhenstufen:



Mittlere Zahl der Tage
mit Schneedecke
von mindestens 0 cm Höhe
Zeitraum: 1936/37 - 1943/44



Schwarzwald
Bereich
des Schluchseewerkes

Maßstab 1:200 000
0 2 4 6 8 km

Einzugsgebiete

Höhenstufen:

- 400m
- - - - - 600m
-  800-1000m
-  1000-1200m
-  über 1200m

Mittlere
größte Schneehöhe (cm)

Zeitraum: 1936-1944

