

---

# Langzeitverhalten der Schneedecke in Baden-Württemberg und Bayern

KLIWA-Projekt A 1.1.4

*„Flächendeckende Analyse des Langzeitverhaltens  
verschiedener Schneedeckenparameter  
in Baden-Württemberg und Bayern“*

KLIWA-Projekt A 1.1.5

*„Erarbeitung und Bereitstellung von langen Reihen  
des Niederschlagsdargebots  
(Regen und Wasserabgabe aus der Schneedecke)  
zur Berechnung von Gebietswerten  
in Baden-Württemberg und Bayern“*

---

KLIWA-Berichte

**Heft 6**

---

## **IMPRESSUM**

<b>Herausgeber</b>	Arbeitskreis KLIWA (Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft, Deutscher Wetterdienst)
<b>ISBN</b>	3-937911-18-9
<b>Bearbeitung</b>	Dr. Thilo Günther Dr. Martin Rachner Dipl.-Met. Helga Matthäus Deutscher Wetterdienst, Abteilung Hydrometeorologie
<b>Redaktionelle Bearbeitung</b>	OBR H. Straub, Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg Dr. L. Zimmermann Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft Deutscher Wetterdienst, Abteilung Hydrometeorologie
<b>Umschlaglayout</b>	Stephan Riedlberger - Graphik Design, München
<b>Druck</b>	Druckhaus Fritz König GmbH Stahlgruberring 24, 81829 München
<b>Umwelthinweis</b>	Druck auf Recyclingpapier
<b>Bezug über</b>	Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft Referat 11 Lazarettstr. 67, 80636 München Fax: 089-9214-1689 Mail: lothar.zimmermann@lfw.bayern.de

Nachdruck - auch auszugsweise - nur mit Zustimmung der Herausgeber unter Quellenangabe und Überlassung von Belegexemplaren gestattet.

**Langzeitverhalten der Schneedecke in Baden-Württemberg und Bayern**  
**KLIWA-Projekt A 1.1.4 / A 1.1.5**  
**Flächendeckende Analyse des Langzeitverhaltens verschiedener Schneedeckenparameter**  
**in Baden-Württemberg und Bayern (A 1.1.4)**  
**Erarbeitung und Bereitstellung von langen Reihen des Niederschlagsdargebots**  
**(Regen und Wasserabgabe aus der Schneedecke) (A 1.1.5)**

---

<b>Inhaltsverzeichnis</b>	<b>Seite</b>
Zusammenfassung .....	5
1 Einleitung .....	7
2 Bedeutung der Schneehydrologie .....	9
3 Aufgabenstellung .....	11
3.1 Vorbemerkung zu Untersuchungen des Langzeitverhaltens.....	11
3.2 Regionale Gliederung des Untersuchungsgebietes.....	12
3.3 Festlegung der zu untersuchenden Parameter .....	14
4 Datengrundlage .....	17
4.1 Umfang des Datenmaterials.....	17
4.2 Datenvorbereitung .....	20
4.2.1 Probleme bei der Datenbereitstellung .....	20
4.2.2 Prüfung auf Stationarität .....	22
4.2.3 Repräsentanzanalyse .....	23
4.2.4 Homogenitätsprüfung.....	25
4.3 Zusammenfassende Einschätzung der Datenqualität .....	27
5 Methoden der statistischen Bearbeitung .....	29
5.1 Untersuchungen zum Andauerverhalten der Schneedecke. Trendanalyse .....	29
5.2 Formen der Ergebnisdarstellung .....	31
5.3 Regionalisierungsmethodik .....	32
6 Untersuchungsergebnisse zum Langzeitverhalten der Schneedecke: Trend- verhalten und -prüfung .....	35
6.1 Schneedeckendauer .....	35
6.2 Schneedeckenzeit.....	41
6.3 Winterdecke (längste Schneedeckenperiode).....	43
6.4 Datum der maximalen Schneedeckenhöhe.....	45
6.5 Beständigkeit der Schneedecke.....	46
6.6 Erhaltung der Winterdecke.....	47
6.7 Langzeitverhalten der Mittel- und Extremwerte des Wasseräquivalents.....	48
6.8 Erarbeitung und Bereitstellung von langen Reihen des Niederschlagsdargebots .....	51
7 Szenario-Rechnungen .....	53
7.1 Formulierung verschiedener Szenarien.....	53
7.2 Grundlagen und Ergebnisse der Szenario-Rechnungen .....	54
8 Ausblick.....	57
9 Literaturverzeichnis.....	59
10 Anlagenverzeichnis.....	63



## Zusammenfassung

Langzeituntersuchungen der Schneedeckenverhältnisse verdienen besondere Beachtung, weil als Folge von Klimaveränderungen auch Änderungen der Schneedeckenhäufigkeit erwartet werden müssen. Veränderungen des Schneedeckenregimes und seiner Parameter haben nachhaltige Auswirkungen auf den Wasserhaushalt (Grundwasserneubildung) und das Abflussregime (Hochwasserbildung).

Zur Beschreibung des Andauerverhaltens der Schneedecke und der in der Schneedecke gespeicherten Wasservorräte einschließlich deren langfristiger Veränderungen sind folgende Parameter geeignet:

- Schneedeckendauer
- Schneedeckenzeit
- Andauer der längsten Schneedeckenperiode (Winterdecke)
- Eintrittsdatum der maximalen Schneedeckenhöhe
- Beständigkeit der Schneedecke
- Erhaltung der Winterdecke
- Maximalwerte des Wasseräquivalents

Alle genannten Schneedeckenparameter weisen im Mittel straff korrelierte statistische Beziehungen zur Geländehöhe auf.

Außer für die Schneedeckenzeit ist für alle genannten Größen in der Bezugsperiode 1951/52 bis 1995/96 fast ausnahmslos, d. h. flächendeckend, ein Rückgang (negativer Trend) zu verzeichnen. Für verschiedene Parameter (u. a. Schneedeckendauer, Dauer der Winterdecke) ist allerdings eine Abschwächung des negativen Trends mit zunehmender Geländehöhe zu beobachten, vereinzelt auch eine Trendumkehr in den Kamm- und Gipfellagen. Der Rückgang der mittleren Schneedeckendauer wies in der Bezugsperiode einige regionale Besonderheiten auf. In den östlichen Teilen des Untersuchungsgebietes (Alpen/Ost und Waldgebirge) erreicht die Abnahme in den unteren Höhenlagen Beträge von 20 % bis 30 %

bei Abschwächung mit zunehmender Geländehöhe sowie Trendumkehr (positiver Trend) in den höheren Lagen. In den westlichen Gebietsteilen (Oberrheinebene und die westliche Abdachung des Schwarzwaldes) beziffern sich die Rückgänge in den unteren Höhenlagen dagegen auf ca. 50 % und mehr und verringern sich in den mittleren Lagen auf 10 bis 20 %. In den höheren Regionen werden im Mittel Werte unter 10 % beobachtet. Zwar ist auch hier eine Abschwächung des Trends mit zunehmender Geländehöhe zu verzeichnen, jedoch sind nur ganz vereinzelt Werte mit Trendumkehr zu beobachten.

Die Schneedeckenzeit (erster Tag/letzter Tag mit Schneedecke im Winterhalbjahr) weist in der regionalen Verteilung des absoluten Trends Besonderheiten auf, z. B. gegenüber den entsprechenden Befunden für die Schneedeckendauer. Große Teile des Untersuchungsgebietes zeigen Zunahmen (positiver Trend); vor allem im Südosten des Bayerischen Waldes und im Norden der Fränkischen Alb erhöht sich die Schneedeckenzeit im Untersuchungszeitraum um bis zu 30 Tage. Eine Erklärung dafür könnte die Zunahme extremerer Wetterbedingungen sein, d. h. Schneefallereignisse können bereits im frühen Herbst bzw. noch im Frühling auftreten (ohne dass sich die Schneedecke über den gesamten Winter erstrecken muss, da die Schneedeckenzeit auch die Tage ohne Schneedecke einschließt). Eine Veränderung des Trends in Abhängigkeit von der Geländehöhe ist nicht zu erkennen.

Die Winterdecke (längste Schneedeckenperiode) lässt Rückschlüsse auf Veränderungen der Charakteristik der Winterperioden zu: Zweifelsfrei ist der Trend zu schneeärmeren Wintern mit weniger dauerhaften Schneedecken erkennbar. Im Bezugszeitraum werden - bis in die mittleren Höhenlagen reichend - bedeutende Rückgänge der Andauerwerte erreicht. Bezogen auf die Mittelwerte des Untersuchungszeitraumes sind Einbußen von 20 % bis 60 % zu verzeichnen.



Wegen der sehr großen Veränderlichkeit aller Schneedeckenparameter ist der Nachweis der statistischen Signifikanz für die gefundenen Trendwerte nur in Einzelfällen möglich. Dennoch kann aus dem flächendeckend übereinstimmenden Trendverhalten der untersuchten Größen mit Sicherheit auf klimatologische Veränderungen geschlossen werden.

Das Trendverhalten der Schneedeckenparameter ist im Vergleich zueinander jedoch widerspruchsfrei und es stimmt in der Tendenz und in der Größenordnung der ermittelten Werte auch mit dem an anderer Stelle [1] untersuchten Verhalten verschiedener für das Schneedeckenregime wichtiger meteorologischer Größen überein. Der verbreitete Rückgang der Schneedeckendauer, vor allem in den tieferen Lagen, kann auf die erheblich angestiegenen Lufttemperaturen im Jahresabschnitt Dezember bis März zurückgeführt werden. Ebenso besteht weitgehende Übereinstimmung mit den in der Literatur beschriebenen Befunden zum Langzeitverhalten der Schneedecke.

Für das Wasseräquivalent der Schneedecke können noch keine flächenorientierten Aussagen gemacht werden. Zeitreihenuntersuchungen der Maximalwerte des Wasseräquivalents einzelner Stationen zeigen, dass die im Bezugszeitraum eingetretenen Rückgänge zwischen 25 % und 60 % betragen. Für konkrete regionale Aussagen zum Wasseräquivalent sind unbedingt weitere Informationen erforderlich.

Die Szenario-Rechnungen mit Hilfe des Simulationsmodells SNOW-K liefern trotz der sehr vereinfachenden Annahmen wichtige Informationen. So kann angenommen werden, dass sich bei weiterer winterlicher Erwärmung die maximalen Wasseräquivalente der Schneedecke deutlich verringern werden und dass es zu einem häufigeren Auf- und Abbau der Schneedecke in tieferen und mittleren Lagen kommen wird. Alle Ergebnisse haben allerdings nur orientierenden Charakter.

# 1 Einleitung

In den deutschen Mittelgebirgen bildet sich regelmäßig eine temporäre (und hydrologisch relevante) Schneedecke aus. Die Ablagerungen festen Niederschlages sind für den Wasserhaushalt eines Einzugsgebietes als "Rücklagen" (Speicherung) zu betrachten. Die von verschiedenen Faktoren (winterlicher Witterungsverlauf, Höhenlage des Gebietes) abhängige Dauer und das Ausmaß der Speicherung haben unmittelbare Auswirkungen auf das hydrologische Regime. Der Einfluss auf den Wasserhaushalt, speziell die Wirkungen auf den Abflussprozess und die Grundwasserspeicherung beim Abbau ("Aufbrauch") der Rücklagen, erstreckt sich zeitlich im Regelfall über das Winterhalbjahr hinaus.

Vor dem Hintergrund möglicher Klimaveränderungen, mit nachhaltigen und großräumigen Auswirkungen besonders auch auf die Schneedeckenhäufigkeit, gewinnen flächenorientierte Langzeituntersuchungen des Schneedeckenregimes und seiner Veränderungen einen hohen Stellenwert. Änderungen des Andauer- und Häufigkeitsverhaltens der Schneedecke haben spürbare Folgewirkungen für den Wasserhaushalt und damit für die Ressourcenverfügbarkeit in Raum und Zeit.

Die Untersuchungen verfolgen das Ziel, die Kenntnisse über den Zustand und die Veränderlichkeit der Schneedeckenparameter für verschiedene Zeit- und Raumbereiche zu erweitern und nach der Existenz systematischer, langfristig wirkender Trends zu suchen.

Die hier vorliegende Veröffentlichung zum Langzeitverhalten der Schneedecke enthält zunächst eine Auswertung der Literatur (Kapitel 2), betreffend die Klimaänderungen in Vergangenheit und Gegenwart sowie deren Auswirkungen auf schneehydrologische Prozesse. Dem schließt sich eine detaillierte Beschreibung des verfügbaren Datenmaterials an, ergänzt durch statistische Analysen der Datenqualität (Stationa-

rität, Repräsentanz, Homogenität) (Kapitel 4).

Unter Berücksichtigung der Datengrundlage und der Aufgabenstellung erfolgt dann die Festlegung der weiteren Vorgehensweise (Methoden der statistischen Bearbeitung) (Kapitel 5).

Ein Kapitel beschreibt die Ermittlung der Rasterwerte des Niederschlagsdargebots (Wasserabgabe aus der Schneedecke und Regen), die als Datengrundlage für weitere Untersuchungen (z. B. Verifikation von Hochwasserereignissen) zur Verfügung gestellt wurden.

Die Ergebnisdarstellung (Kapitel 6) nimmt einen besonderen Raum ein. Sie umfasst sowohl die Resultate von Langzeitstudien (Trendanalyse) für eine Reihe maßgeblicher Schneedeckenparameter als auch Auswertungen von Szenario-Rechnungen zur Simulation möglicher Entwicklungen (Wasseräquivalent der Schneedecke).

Als Darstellungsformen werden Tabellen, Karten und verschiedene Diagramme gewählt. Im Vordergrund steht dabei die Informationsverdichtung zum Zwecke einer raschen Gesamteinschätzung und der Vergleichbarkeit der Ergebnisse.

Für die graphischen Darstellungen wurde nach Möglichkeit eine für das Untersuchungsgebiet repräsentative Auswahl der Standorte vorgenommen. Der Standortvergleich lässt das Ausmaß der raum-zeitlichen Variabilität der Schneedeckenparameter deutlich erkennen.

In den Tabellen werden neben Absolutwerten in der Regel auch normierte Daten mitgeteilt, um die Aussagekraft der Ergebnisse (bessere Vergleichbarkeit) zu vergrößern.





## 2 Bedeutung der Schneehydrologie

Die weltweit beobachteten Klimaänderungen dauern an. Sie haben sich in den letzten beiden Jahrzehnten noch verstärkt. In Deutschland war der Temperaturanstieg im 20. Jahrhundert mit + 0,9 K gegenüber der globalen Erwärmung (+ 0,6 K) überdurchschnittlich hoch. Die Jahre ab 2000 gehören zu den wärmsten seit 1761. Einem deutlichen Anstieg der Winterniederschläge steht eine leichte Abnahme der Sommerniederschläge gegenüber.

Die Struktur der Klimaänderungen ist wegen der Überlagerung von Langfristrends, Fluktuationen, kurzfristigen Anomalien und Extremereignissen sehr vielgestaltig. Schließlich treten noch markante regional-jahreszeitliche Besonderheiten auf [2].

Die Ursachen der beobachteten Klimaänderungen sind komplex. Die Rolle natürlicher Einflüsse auf das Klima ist noch längst nicht ausreichend geklärt. Mit hoher Wahrscheinlichkeit aber geht die globale Erwärmung der letzten 100 bis 150 Jahre auf menschliche Tätigkeiten zurück. Insbesondere ist die Zunahme des Ausstoßes von Kohlendioxid und anderer klimawirksamer Spurengase als direkte Folge der Nutzung fossiler Energieträger zu nennen.

Sofern die Emission sogenannter "Treibhausgase" in gleicher Weise ansteigt wie bisher, sind bis zum Ende dieses Jahrhunderts im Mittel globale Temperaturanstiege von 1,4 bis 5,8 K zu erwarten [3]. Eine WMO-Studie sagt eine Zunahme der mittleren globalen Temperatur um 1 K (bezogen auf 1990) bis zum Jahre 2025 und um 3 K bis zum Ende des Jahrhunderts voraus. Es wird darauf hingewiesen, dass eine solche Klimaänderung in so kurzer Zeit ohne Beispiel in der bekannten Klimageschichte der Welt ist. Sie würde zweifellos zu nachhaltigen Konsequenzen für die Wirtschaft und die gesamte Gesellschaft führen.

KUHN [4] diskutiert verschiedene Varianten, wie Schneedecke und Eis auf eine Erwärmung der Atmosphäre reagieren würden. Die einfachste denkbare, vom Autor aber

eher skeptisch beurteilte Variante, wäre die Annahme einer "Höhenverschiebung" des gegenwärtigen Zustandes, d. h. des heutigen Schneeklimas. Am konkreten Beispiel von Gletscherveränderungen in den österreichischen Alpen [5] wird hingegen die tatsächliche Vielzahl von Einflussfaktoren, u. a. die Wirkung verschiedener Kombinationen von Witterungsbedingungen für den Gletscherhaushalt, erläutert. Vereinfachte Annahmen können deshalb bestenfalls als Arbeitshypothesen gelten.

Nachfolgend soll insbesondere den Hinweisen auf die Auswirkungen veränderter Schneedeckenverhältnisse auf das hydrologische Regime nachgegangen werden. Auch in den Mittelgebirgen hat die Schneedecke trotz kräftiger Rückgänge immer noch einen maßgeblichen Einfluss auf den winterlichen Wasserhaushalt. Während der Schneedeckenzeit werden als Folge der Schneedeckenentwicklung die Zusammenhänge zwischen Einnahme- und Ausgabeseite der Wasserbilanzgleichung dadurch beeinflusst, dass die Inputgröße Niederschlag mit zeitlicher Verzögerung und mit veränderter Intensität wirksam wird.

Die Schneedeckenentwicklung wirkt auf das Abflussregime in ähnlicher Weise wie die Aufeinanderfolge niederschlagsfreier Perioden mit nachfolgendem Starkregen oder einer Phase langandauernden Landregens. In den höheren Lagen der Gebirge (in der Regel große Schneeansammlungen, lange Lagerungsdauer) spielt vor allem die zeitliche Verlagerung der hydrologischen Wirksamkeit des Niederschlags die wichtigste Rolle. In den mittleren und unteren Lagen (geringe Schneeansammlungen, relativ kurze Lagerungsdauer) hat die kurzfristige Schmelze auf großen Flächen den entscheidenden Einfluss auf das Abflussgeschehen.

Die Berücksichtigung der Schneedeckenentwicklung im Rahmen des winterlichen Gebietswasserhaushalts ist unerlässlich, weil die Beurteilung der hydrologischen Prozesse in dieser Jahreszeit allein auf



Grund der räumlichen und zeitlichen Niederschlagsverteilung nur unzulänglich möglich ist (vgl. hierzu auch [6]).

Wie an anderer Stelle bereits beschrieben, lassen viele Anzeichen und die meisten in der Literatur beschriebenen Aussagen über die Tendenz künftiger Klimaänderungen eine Erwärmung erwarten. Damit sind wei-

tere einschneidende Veränderungen des Schneedeckenregimes anzunehmen.

Für fachlich begründete hydrologische Vorsorgeplanungen sind Informationen, auch aus historischem Material abgeleitet, unerlässlich. Aus ihnen kann auf das Ausmaß der Auswirkungen künftiger Veränderungen geschlossen werden.

### 3 Aufgabenstellung

#### 3.1 Vorbemerkung zu Untersuchungen des Langzeitverhaltens

Im Mittelpunkt der Untersuchungen steht die Beschreibung der langfristigen Veränderung des mittleren Zustandes verschiedener Schneedeckenparameter (Trendverhalten). Aber auch die Änderungen im Extremverhalten verdienen besonderes Interesse. Wandlungen der Klimaverhältnisse können dadurch festgestellt werden.

Zeitreihenuntersuchungen sind nur für den Zeitraum aussagefähig, für den sie erstellt wurden. Folgerungen für die Zukunft sind nur in begrenztem Maße möglich. Deshalb werden nachfolgend die Ergebnisse einiger Stationen, die für die vorliegenden Untersuchungen des Trendverhaltens aufschlussreich sein können, mitgeteilt. Dabei wird der "Zeithorizont" bis an den Beginn des vorigen Jahrhunderts erweitert. Neben der Schneedeckendauer wird auch das säkulare (= ein Jahrhundert betreffend) Verhalten maßgeblicher, das Schneedeckenregime beeinflussender meteorologischer Größen (Lufttemperatur, Niederschlag) berücksichtigt.

Die Anlage 2 enthält die Ergebnisse der Trendanalyse verschiedener meteorologischer Größen für unterschiedliche Bezugszeiträume innerhalb eines ca. 70- bzw. ca. 100-jährigen Zeitraums. Es kann davon ausgegangen werden, dass die bezeichneten Besonderheiten auch für die übrigen Regionen Deutschlands gelten und somit als Orientierungshilfe für die vorzulegenden Ergebnisse, die im Wesentlichen die 2. Hälfte des 20. Jahrhunderts betreffen, dienen können (vgl. Kapitel 5.1). Diese Auffassung wird u. a. damit begründet, dass die hier mitgeteilten Daten zum Verhalten der meteorologischen Größen in den Winterperioden während der zweiten Hälfte des vergangenen Jahrhunderts im Betrag und in der Richtung weitestgehend mit den von RAPP und SCHÖNWIESE [7] gefundenen Ergebnissen systematischer Trenduntersuchungen in Deutschland übereinstimmen.

In Deutschland nimmt der Zeitraum 1961/1990 im Trendverhalten eine Ausnahmestellung ein. Besonders die Veränderungen im Schneedeckenregime sind gravierend, es wurden extreme (negative) Trendwerte für diese Periode gefunden [8]. Zugleich wurden in dieser Periode die längsten Andauerzeiten für die Schneedecke beobachtet (Winterperioden 1962/1963 und 1969/1970).

Ebenso aufschlussreich sind Vergleiche zwischen den Bezugszeiträumen 1951/1980, 1951/1990 und 1951/1995. Wegen der großen zeitlichen Überschneidung der Datenreihen sollte eigentlich eine große Übereinstimmung der jeweiligen Trendwerte erwartet werden. Stattdessen ist die hohe Instabilität, d. h. Verschiedenartigkeit der Trends, überraschend.

Für die Station Potsdam ist für den Zeitraum 1951/1980 in Bezug auf die Schneedeckendauer ein deutlich ausgeprägter, aber nicht signifikanter (positiver) Trend zu beobachten, desgleichen ist der mittlere Andauerwert der Schneedecke überdurchschnittlich hoch (bezogen auf den Mittelwert der Reihe 1901/1995). Die Änderungen des Andauerhaltens (negativer Trend) im Zeitraum 1981/1995 sind jedoch von einem solchen Ausmaß, dass der positive Trendwert der vorausgegangenen 3 Jahrzehnte gänzlich ins Gegenteil verkehrt wird. Für die Teilreihen 1951/1980 ergibt sich ein linearer normierter Trend von + 0,21, für den Zeitraum 1951/1995 wird hingegen - 0,22 ermittelt!

Die zu erwartenden Ergebnisse sind von grundsätzlicher Bedeutung für die Entscheidungsfindung und die sich darauf gründende Langfristplanung für verschiedene Bereiche der Gesellschaft. Außer der Wasserwirtschaft sind vor allem auch Land- und Forstwirtschaft, Ökologie und Umweltschutz, das Bauwesen und der Tourismus zu nennen. Allein im Bereich der hydrologisch-wasserwirtschaftlichen Praxis, aus dem einige konkrete Beispiele herausgehoben werden sollen, sind die möglichen Folgewirkungen wegen der hohen Sensibilität dieses Systems gegenüber hydroklimatolo-



gischen Einflüssen außerordentlich bedeutsam. Die im Rahmen der Daseinsvorsorge wichtige Aufgabe der Weiterentwicklung von Wasserbilanzmodellen zur Ermittlung des quantitativen Wasserdargebots in seiner zeitlichen Variabilität kann nur unter Berücksichtigung der Veränderlichkeit der hydrometeorologischen Eingangsgrößen (vor allem des Niederschlages einschließlich seiner Schneeanteile) gelöst werden. Die Zuverlässigkeit der Ergebnisse ist entscheidend für die zukünftige, d. h. die langfristige, stabile qualitäts- und bedarfsgerechte Bereitstellung von Wasser.

Ebenso ist die möglichst detaillierte Kenntnis der räumlichen und zeitlichen Verteilung (einschließlich Veränderlichkeit und Extremverhalten) der für die "Belastungsbildung" maßgeblichen Größen (Niederschlag, Schneedeckenentwicklung) wichtige Voraussetzung für die zuverlässige Simulation hydrologischer Prozesse im Kurzzeitbereich. Ein verändertes winterliches Niederschlags- bzw. Schneedeckenregime wird vor allem Auswirkungen auf das Abflussregime, besonders aber auf das Ausmaß von Hochwasserereignissen und schließlich auch auf den Prozess der Grundwasserneubildung haben.

Außer den vorgenannten gesellschaftspolitischen und ökonomischen Auswirkungen veränderter hydroklimatologischer Bedingungen sind die Langzeituntersuchungen zum Schneedeckenregime auch von hohem wissenschaftlichen Wert. Es soll hier daran erinnert werden, dass die Ergebnisse insbesondere für Untersuchungen zum Energiehaushalt, wegen der markanten Unterschiede für den Wärmeaustausch zwischen Atmosphäre und schneebedeckter bzw. schneefreier Unterlage, große Bedeutung haben. In der Kette der Rückkopplungseffekte spielt die unterschiedliche Ausdehnung und die zeitliche Veränderlichkeit schneebedeckter Flächen ganz offenkundig eine bedeutsame Rolle.

Die Untersuchungen für KLIWA erforderten die Bereitstellung detaillierter, räumlich differenzierter Informationen über das Lang-

zeitverhalten verschiedener, das Schneedeckenregime beschreibender Parameter. Die ausdrücklich flächenbezogene, auf eine Vielzahl von Zeitreihen gestützte Analyse des Andauerhaltens der Schneedecke, ihrer witterungsabhängigen Beständigkeit sowie die Beurteilung der Eintrittsdaten markanter Entwicklungszustände der Schneedecke soll flächendeckend zuverlässige und repräsentative Aussagen ermöglichen.

### 3.2 Regionale Gliederung des Untersuchungsgebietes

Das Untersuchungsgebiet ist weitgehend mit den Territorien des Landes Baden-Württemberg (35 750 km<sup>2</sup>) und des Freistaates Bayern (70 548 km<sup>2</sup>) identisch.

Etwa 60 % der Fläche des Landes Baden-Württemberg, das sind ca. 21 500 km<sup>2</sup>, haben eine Höhenlage > 400 m ü. NN und ca. 30 % (knapp 11 000 km<sup>2</sup>) erreichen eine Gebietshöhe von mehr als 600 m ü. NN.

Für Bayern betragen die Flächenanteile der Höhenlage > 400 m ü. NN etwa 68 %, das sind knapp 48 000 km<sup>2</sup>. Mehr als 13 000 km<sup>2</sup> des bayerischen Gebietes sind höher als 600 m ü. NN, und immerhin noch etwas mehr als 2000 km<sup>2</sup> (vor allem Anteil Alpengebiet) weisen eine Höhe von über 1000 m ü. NN auf.

Es wird davon ausgegangen, dass entsprechend der geographischen Ausstattung des Untersuchungsgebietes (Höhengliederung, Luv-Lee-Lagen usw.) regionale Unterschiede im Schneedeckenregime auftreten können. Deshalb wird eine Einteilung des Gebietes in natürliche Regionen vorgenommen, die im Wesentlichen den Einzugsgebietsgrenzen folgt und auch schneehydrologische Aspekte berücksichtigt. Die vorgegebene Gebietsunterteilung in 33 Untersuchungsgebiete für Baden-Württemberg und Bayern [1] wurde daher für die Analyse des Langzeitverhaltens der Schneedecke zu 8 Teilgebieten zusammengefasst (siehe Abb. 3.1).

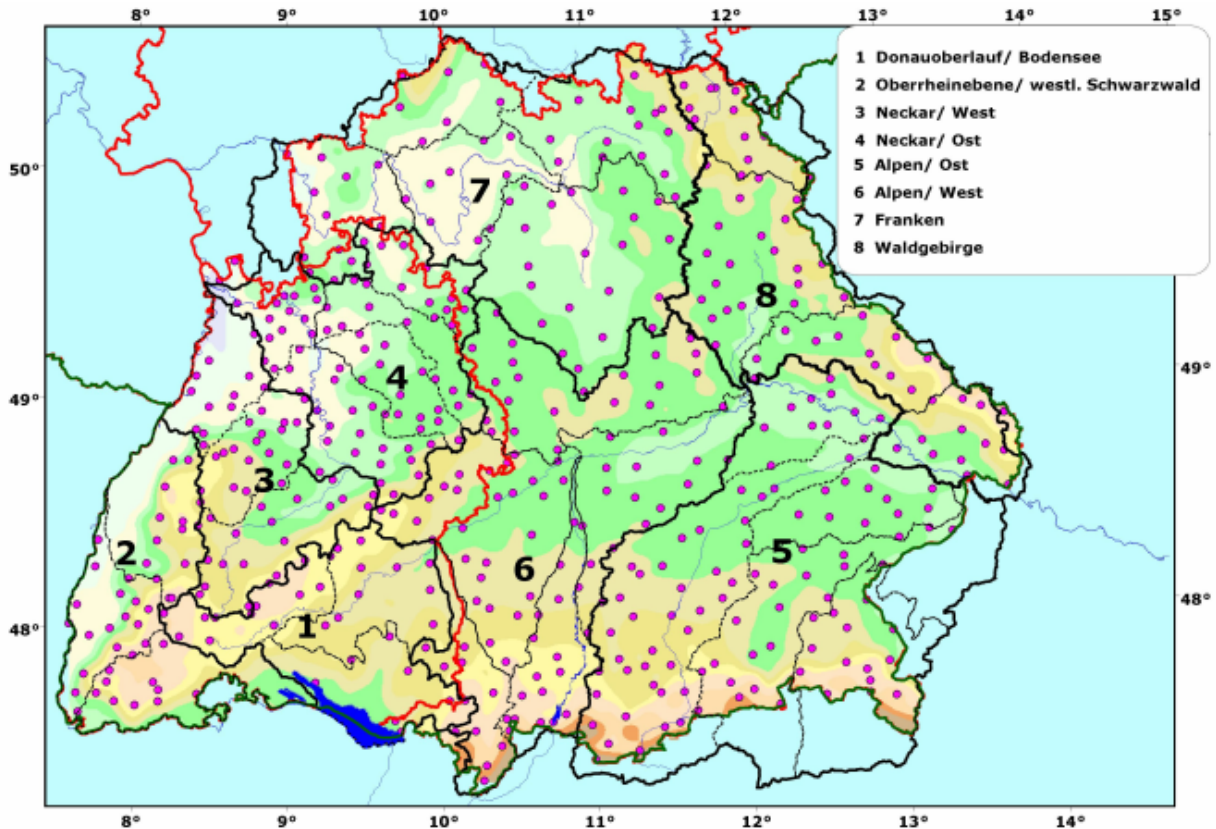


Abb. 3.1: Lage der verwendeten Stationen und Grenzen der Teilgebiete

Im Einzelnen werden folgende Teilgebiete unterschieden:

- *Untersuchungsgebiet 1 (Donauoberlauf, Bodensee):* Dieses Teilgebiet umfasst den Anteil Baden-Württembergs am Einzugsgebiet der Donau, die südöstliche Abdachung der Schwäbischen Alb und Teile des Alpenvorlandes.
- *Untersuchungsgebiet 2 (Oberrheinebene und die westliche Abdachung des Schwarzwaldes):* Hier werden Teile der Oberrheinischen Tiefebene, des Breisgau und der zum Rhein hin entwässernden ("luvseitigen") Teile des Schwarzwaldes zusammengefasst.
- *Untersuchungsgebiet 3 (Neckargebiet/West):* Dieses Teilgebiet erfasst die zum Neckar hin entwässernden ("lee-seitigen") Teile des Schwarzwaldes, Teile des Schwäbisch-Fränkischen Stufenlandes und das Gebiet des Kraichgau. Das Gebiet umfasst das linksseitige Einzugsgebiet des Neckar
- *Untersuchungsgebiet 4 (Neckargebiet/Ost):* Diesem Gebiet sind der nordwestliche (neckarseitige) Abfall der Schwäbischen Alb, Teile des Stufenlandes, die Hohenloher Ebene, Teile des Odenwaldes und des Taubergebietes zugeordnet. Es besteht weitgehend Identität mit dem rechtsseitigen Einzugsgebiet des Neckar (Kocher, Jagst) und geringen Anteilen des zum Main hin entwässernden Taubergebietes.
- *Untersuchungsgebiet 5 (Alpen/Ost):* Es umfasst die Bayerischen Alpen und Teile der Salzburger Alpen sowie das Alpenvorland, im Westen begrenzt durch eine Linie, die zwischen Lech und Amper verläuft, das Donaumoos und die Hallertau bis Regensburg durchquerend. Nach Osten bildet die Donau zwischen Regensburg und Passau die Grenze.

sowie Teile der nördlichen Oberrheinebene.





- *Untersuchungsgebiet 6 (Alpen/West):* Es enthält die Allgäuer Alpen, das Alpenvorland, östlich angrenzend an das Teilgebiet 5, im Westen bis zur Landesgrenze Baden-Württemberg sowie durch die Donau zwischen Ulm und Regensburg begrenzt. Nördlich der Donau gehören Teile der Fränkischen Alb und des Stufenlandes zu diesem Teilgebiet.
- *Untersuchungsgebiet 7 (Franken):* Dieses Teilgebiet setzt sich aus einer Anzahl verschiedener Landschaften zusammen. Das sind Teile des Spessart, des Odenwaldes, der Rhön, der Fränkischen Schweiz, des westlichen Teils des Fichtelgebirges und des Steigerwaldes. Im Westen gehören auch Teile der Mainniederung dazu.
- *Untersuchungsgebiet 8 (Waldgebirge):* Mit diesem Gebiet werden die östlichen Landesteile Bayerns erfasst: Der Bayerische Wald, der Oberpfälzer Wald, der westliche Teil des Böhmerwaldes und der östliche Teil des Fichtelgebirges. Schließlich sind noch die Niederungen im Unterlauf von Naab und Regen zu nennen.

Das Neckargebiet wurde abweichend von der sonst üblichen Gliederung nach Wasserscheiden zusätzlich in einen "leeseitigen" (Lee des Schwarzwaldes) und einen "luvseitigen" (Luv der Schwäbischen Alb) Anteil gegliedert. Der Fluss selbst stellt dabei die Grenze beider Teilgebiete dar. Mit dieser Einteilung sollten die Expositionsunterschiede gegenüber der Hauptwindrichtung besonders berücksichtigt werden.

Es kann davon ausgegangen werden, dass mit dieser Gliederung keineswegs homogene oder halbwegs homogene Gebietseinheiten ausgewiesen werden. Allenfalls kann erwartet werden, dass sich Zustände und Entwicklungen des Schneedeckenregimes in den genannten Teilgebieten ähneln. Einer weiteren, durchaus erwünschten Gliederung, die im Interesse der Schaffung weitgehend einheitlicher Gebiete zweckmäßig wäre, stehen jedoch ernsthafte Bedenken entgegen. An erster Stelle betrifft das die deutliche Verringerung der dann auf jedes

Teilgebiet entfallenden Stationen als "Stützstellen". Damit würden sich die Unsicherheiten bei der Ergebnisermittlung vergrößern.

Auch bei der derzeitigen Einteilung müssen in Einzelfällen Stationen im Grenzbereich (Gipfel- und Kammlagen) benachbarter Teilgebiete doppelt berücksichtigt werden, um "Brüche" in den von der Geländehöhe abhängigen Beziehungen abzumildern oder zu vermeiden. Es ist noch hinzuzufügen, dass wegen der nachweislich hohen räumlichen und zeitlichen Variabilität aller Schneedeckenparameter für jedes zu untersuchende Gebiet eine ausreichende Anzahl von Stützstellen vorhanden sein muss. Die Verteilung der Stationen soll, im Interesse der Ergebnissicherheit, zudem anteilmäßig auch den Flächenanteilen des Gebietes in verschiedenen Höhenstufen entsprechen. Dieser Aspekt ist besonders wichtig für repräsentative flächenorientierte Aussagen.

Da die zu untersuchenden Schneedeckenparameter eine große Veränderlichkeit mit der Höhe aufweisen, werden die in den folgenden Kapiteln ermittelten Ergebnisse der Trenduntersuchungen nicht als Gebietswerte, sondern als Rasterwerte zur Verfügung gestellt.

### 3.3 Festlegung der zu untersuchenden Parameter

Für die Erfüllung der Aufgabenstellung ist die umfassende Auswertung des verfügbaren Datenmaterials unter verschiedenen Gesichtspunkten erforderlich. Vor allem ist die Frage zu klären, welche Parameter geeignet sind, das Schneedeckenregime, sein Andauerverhalten und seine Veränderungen in Raum und Zeit bestmöglich zu beschreiben.

Gute Indikatoren für den aktuellen Zustand und die Variationen der Schneedeckenverhältnisse sind die das Andauerverhalten charakterisierenden Größen, die aus Beobachtungs- und Messwerten direkt abgeleitet werden können [8]; [9]; [10]; [11]; [12].

Im Mittelpunkt der Betrachtungen steht das Andauerverhalten, das durch eine Reihe charakteristischer Parameter beschrieben wird. Der hydrologisch wichtigen Größe "Wasseräquivalent der Schneedecke" wird vor allem hinsichtlich ihres Extremverhaltens einschließlich langjähriger Veränderungen besondere Aufmerksamkeit gewidmet. Für die Auswertung und Analyse wurden die folgenden Parameter ausgewählt:

- Die Schneedeckendauer (A). Sie ist gemäß DIN 4049-3 wie folgt definiert: Anzahl der Schneedeckentage in einer bestimmten Zeitspanne. Als Schneedeckentag wiederum wird ein Tag bezeichnet, an dem eine Schneedecke zu einem festgesetzten Termin vorhanden ist (vgl. auch Kapitel 4.1 und Kapitel 6.1).  
Die Schneedeckendauer spielt bei der Bearbeitung eine besondere Rolle, nicht zuletzt auch deshalb, weil sie aus Beobachtungen bzw. aus Messungen direkt abgeleitet wird.
- Die Schneedeckenzeit (S). Nach DIN 4049-3 wird sie wie folgt beschrieben: Zeitspanne vom ersten bis zum letzten Schneedeckentag einer winterlichen Periode.  
Anmerkung: Die Schneedeckenzeit schließt auch die schneedeckenfreien Tage ein (vgl. Kapitel 6.2).
- Die Schneedeckenperiode (W). Nach DIN 4049-3 definiert als: Zeitspanne von ununterbrochen aufeinanderfolgenden Schneedeckentagen.  
Diese Größe trägt zusammen mit den zuvor genannten Parametern dazu bei, die Besonderheiten der zeitlichen Verteilung der Schneedecke in den einzelnen Winterperioden sowie deren regionale Unterschiede zu präzisieren.  
Nachfolgend wird die längste (maximale) Schneedeckenperiode eines Winters betrachtet und als "Winterdecke" bezeichnet (vgl. Kapitel 6.3). Als Bezeichnung wird (W) beibehalten.
- Das Datum des Eintritts der maximalen Schneedeckenhöhe (DM) ist ein weiterer wichtiger Basiswert zur Einschätzung der Dynamik der Schneedeckenentwicklung sowie deren räumlicher und

zeitlicher Unterschiede und Veränderungen (vgl. Kapitel 6.4).

- Die so genannte "Beständigkeit der Schneedecke" ( $q$ ) ist eine aus der Schneedeckendauer (A) und der Schneedeckenzeit (S) abgeleitete Größe:

$$q = \frac{A}{S} \quad (1)$$

Sie ist gut geeignet, zusätzliche Informationen zu Veränderungen im Andauerverhalten zu liefern (vgl. auch Kapitel 6.5).

- Die so genannte "Erhaltung der Winterdecke" ( $q'$ ) hat eine der "Beständigkeit" vergleichbare Bedeutung und stützt die dort gefundenen Ergebnisse. Die Größe leitet sich aus dem Verhältnis der Dauer der Winterdecke (W) zur Schneedeckendauer (A) ab (vgl. Kapitel 6.6):

$$q' = \frac{W}{A} \quad (2)$$

Die beiden Größen ( $q$ ) und ( $q'$ ) sind nicht in der DIN 4049-3 enthalten.

Nach vorliegenden Erfahrungen sind die genannten Parameter geeignet, das Andauerverhalten der Schneedecke umfassend zu charakterisieren.

Wenngleich die Informationen zum Andauerverhalten der Schneedecke für viele Bereiche der Praxis von großem Wert sind, ist ebenso unbestritten, dass diese Aussagen für die Hydrologie und die Wasserwirtschaft allein nicht ausreichen. Neben der "qualitativen" Beschreibung des Schneedeckenregimes bedarf es unbedingt einer "Quantifizierung" der Informationen durch die Berücksichtigung des Wasseräquivalents der Schneedecke:

- Das Wasseräquivalent der Schneedecke (Wn). Nach DIN 4049-3 wie folgt definiert: Wasser (fest, flüssig, gasförmig), das in der Schneedecke enthalten ist, ausgedrückt als Wasserhöhe über einer horizontalen Fläche (in mm).





## 4 Datengrundlage

### 4.1 Umfang des Datenmaterials

Für die Untersuchungen werden nur Datenreihen von Stationen des Deutschen Wetterdienstes (DWD) verwendet. Die Vorgaben für die Datengewinnung (Beobachtung, Messung) sind in Anleitungen und Vorschriften für den Beobachtungsdienst beschrieben und verbindlich festgelegt [13]. Die in diesem Bericht verwendeten Bezeichnungen und Definitionen entsprechen denen des genannten Regelwerkes sowie denen der DIN 4049-3. Ausnahmen, betreffend die Verwendung von Fachbegriffen, die in der Literatur gebräuchlich sind, werden besonders erwähnt.

Für die Schneemessung gilt, dass bei Vorhandensein einer geschlossenen oder durchbrochenen Schneedecke von mindestens 1 cm Höhe die Messung der Schneedeckenhöhe zum Morgentermin, d. h. um 07.00 Uhr MEZ, erfolgt. "Durchbrochene" Schneedecke heißt, dass der Erdboden an einzelnen Stellen sichtbar ist und die Schneebedeckung in der Umgebung des Messplatzes  $\geq 50\%$  beträgt.

Die Beobachtungsergebnisse über Schneeflecken oder Schneereste werden nicht in die Untersuchung einbezogen. In den genannten Fällen ist die Schneedecke nur noch an einzelnen, nicht zusammenhängenden Stellen vorhanden. Abgesehen davon, dass diese Restflächen nur eine ganz untergeordnete Rolle in der Bilanz (Wasseräquivalent) spielen, sind dabei vielmehr auch subjektive Faktoren bei der Beobachtung und ganz spezifische Standortbesonderheiten als maßgebliche verfälschende Einflüsse zu beachten.

Die Auswahl eines geeigneten Messplatzes ist für die Schneemessung von entscheidender Bedeutung. Entsprechend der Beobachtungsanleitung ist dafür eine mehrere Quadratmeter große Fläche auszusuchen. Dieser Platz soll frei sein von Verwehungen und nicht im Windschatten von Gebäuden

und anderen "Hindernissen" liegen. Erfahrungsgemäß sind diese Forderungen, insbesondere die nach repräsentativen, von Verwehungen freien Ablagerungsbedingungen, in der Praxis nur schwer zu erfüllen. Die Beobachtungspraxis lehrt vielmehr, dass abhängig von den Witterungsbedingungen (vor allem sind Windrichtung und Windgeschwindigkeit wichtig!) für jede Winterperiode unterschiedliche räumliche "Verteilungsmuster" der Schneeablagerung auch auf kleinstem Raum (Messfeld) auftreten können.

Um diesen Besonderheiten wenigstens teilweise gerecht zu werden, wird die Schneehöhe auf dem Messplatz an mehreren Stellen bestimmt. Dafür wird ein so genannter Schneepegel benutzt, ein Metallstab mit cm-Teilung, der senkrecht bis zum Boden in den Schnee gesteckt wird. Die Höhe wird in ganzen Zentimetern abgelesen. Der arithmetische Mittelwert aus den (in der Regel drei bis vier) Einzelmessungen wird als die repräsentative Höhe der Schneedecke angegeben.

Für die vorliegende Arbeit kann auf insgesamt 508 Datenreihen der Schneedeckenbeobachtung zurückgegriffen werden (siehe Abb. 3.1 und auch Anlage 1, in der die verwendeten Stationen für die 8 Untersuchungsgebiete angegeben wurden). Die Gesamtzahl von 542 Stationen in Anlage 1 ergibt sich aus der doppelten Verwendung von Stationen im Bereich der Einzugsgebietsgrenzen für Gipfel- und Kammlagen.

Diese große Zahl elektronisch verfügbarer Datenreihen, konnte durch eine intensive Nacherfassung von Archivmaterial erreicht werden. Auf diese Weise wird flächendeckend eine gleichmäßige, hohe Stationsdichte erreicht. Auf ca. 200 km<sup>2</sup> entfällt im Durchschnitt eine Station; das entspricht einem mittleren Stationsabstand von etwa 14 km.



Höhenstufe m ü. NN	Donauoberlauf/ Bodensee		Oberrhein/ Schwarzwald		Neckar/West		Neckar/Ost	
	Anteil in %		Anteil in %		Anteil in %		Anteil in %	
	Fläche	Station	Fläche	Station	Fläche	Station	Fläche	Station
Bis 200	0	0	17	10	17	9	4	17
201 bis 400	2	0	21	37	25	36	60	48
401 bis 600	33	39	25	10	27	22	31	34
601 bis 800	52	50	25	22	27	26	4	1
801 bis 1000	13	11	10	7	4	7	0	0
1001 bis 1200	1	0	3	10	0	0	0	0
Über 1200	0	0	0	5	0	0	0	0
Höhenstufe m ü. NN	Alpen/Ost		Alpen/West		Franken		Waldgebirge	
	Anteil in %		Anteil in %		Anteil in %		Anteil in %	
	Fläche	Station	Fläche	Station	Fläche	Station	Fläche	Station
Bis 200	0	0	0	0	5	5	0	0
201 bis 400	14	25	6	6	62	56	11	20
401 bis 600	55	44	64	58	29	38	60	55
601 bis 800	13	20	19	26	4	1	22	20
801 bis 1000	6	8	6	8	0	0	5	3
1001 bis 1200	6	0	2	2	0	0	2	2
Über 1200	6	3	4	0	0	0	0	0

Anmerkung: Zahlenwerte gerundet. Gebietseinteilung siehe Abb. 3.1 und Kapitel 3.2.

Tabelle 4.1: Angaben zur Gebietsfläche und zur Stationsanzahl für verschiedene Geländehöhen (Anteile in Prozent)

Die vorgesehenen statistischen Analysen gewinnen durch die große Stationsdichte eine hohe Aussagekraft, da sich die Wahrscheinlichkeit verringert, dass vereinzelte und nicht erkannte Unzulänglichkeiten im Datenmaterial die Ergebnisse verfälschen könnten.

Dieser positive Aspekt wird noch dadurch verstärkt, dass auch eine insgesamt ausgewogene, dem Gebietsaufbau annähernd adäquate Stationsverteilung zu verzeichnen ist. Die Tabelle 4.1 mit Angaben der prozentualen, von der Geländehöhe abhängigen Anteile der Gebietsfläche und der entsprechenden Zahl der Messeinrichtungen unterstreicht noch einmal ausdrücklich diese Feststellung.

Für alle das Schneedeckenregime beschreibenden Parameter gilt eine ausgeprägte Abhängigkeit von der Geländehöhe als gesichert ([14], vgl. auch Kapitel 6). Gerade auch deshalb ist die den Flächenanteilen (für die verschiedenen Höhenstufen

des Gebietes) entsprechende zahlenmäßige Verteilung der Stationen besonders für repräsentative und gesicherte Ergebnisse so wichtig.

Natürlich gibt es regionale Unterschiede in der Messstellendichte. Im Gebiet 7 (Franken), um ein Beispiel zu nennen, stehen örtlich begrenzte große Messstellenansammlungen (Taubergebiet) Bereichen mit ausgesprochen geringer Ausstattung gegenüber. Zum Glück weist dieses Teilgebiet im Vergleich zu allen übrigen die geringste Höhengliederung auf, so dass diese Ungleichmäßigkeit nicht zu stark ins Gewicht fällt.

Wenn zwar rein zahlenmäßig ("proportional") die höheren Lagen (> 800 m ü. NN) ausreichend mit Stationen ausgestattet zu sein scheinen, treten regional dennoch Mängel auf. So sind z. B. im Bayerischen Wald oberhalb 600 m keine geeigneten, d. h. vollständigen Messreihen vorhanden. Obgleich daraus keine nachhaltigen Aus-

wirkungen auf die grundsätzlichen Aussagen der durchzuführenden Untersuchungen zu erwarten sind, bleibt jedoch anzumerken, dass das von der Geländehöhe abhängige Langzeitverhalten der Schneedeckenparameter in großen Höhenbereichen nur unzureichend betrachtet werden kann. Das ist insofern bedauerlich, weil festgestellt werden konnte, dass gerade in größeren Höhen eine Abschwächung bzw. sogar die Umkehr von ansonsten dominierenden Trendrichtungen beobachtet werden konnte (vgl. auch Kapitel 6).

Für die vorgesehenen Untersuchungen ist die Auswertung sehr langer, lückenloser und homogener Datenreihen wünschenswert. Nur wenige Stationen haben ununterbrochene lange Reihen, diese haben aber in der Regel den Nachteil, wegen verschiedenartiger Einwirkungen nicht mehr homogen zu sein (vgl. Kapitel 4.2.4). Vor allem als Folge des letzten Weltkrieges sind besonders in der Zeit von 1944 bis 1946 massive Unterbrechungen aufgetreten. Da die genannten Defekte flächendeckend auftreten, ist es nicht möglich, Ergänzungen durch Vergleiche mit Nachbarstationen vorzunehmen. Erst zu Beginn der 50er Jahre kann von einer weitgehenden Wiederherstellung der Messnetze und der Stabilisierung der Datengewinnung gesprochen werden. Als gemeinsamer Beginn der Bezugsperiode, die der Untersuchung zu Grunde gelegt wurde, ist deshalb die Winterperiode 1951/52 gewählt worden.

Damit stehen für die vorgesehenen Zeitreihenuntersuchungen (Trendanalyse) lückenlose Datenreihen zur Verfügung, allerdings mit dem Nachteil, dass die Zeitreihenanalyse auf 45 Winterperioden (1951/52 bis 1995/96) begrenzt ist. Die an anderer Stelle hervorgehobene große Anzahl verfügbarer Datenreihen lässt immerhin hoffen, dass sich damit die Nachteile der begrenzten Länge der Bezugsreihe wenigstens teilweise eliminieren lassen.

An anderer Stelle (Kapitel 3) wurde bereits eingehend begründet, dass für die Hydrologie und die Wasserwirtschaft außer den notwendigen Informationen zum Andauerverhalten der Schneedecke vor allem auch

(quantitative) Aussagen zum Wasseräquivalent der Schneedecke unerlässlich sind. Während aber für die Untersuchung des Andauerhaltens auf das Datenmaterial von 508 Stationen zurückgegriffen werden kann, sind für die Arbeiten zum Wasseräquivalent lediglich die Daten von ca. 60 Stationen vorhanden.

Das Wasseräquivalent wird nur an ausgewählten Stationen und zu festgelegten Terminen (3mal wöchentlich: Montag, Mittwoch, Freitag) bestimmt. Weiterhin ist vorgegeben, die Messungen nur ab einer Mindesthöhe der Schneedecke von 5 cm durchzuführen [13]. Aus diesen einschränkenden Vorgaben folgt, dass überwiegend nur sporadische, für manche Winterperioden (besonders für Stationen in tieferen Lagen) keine Messwerte vorhanden sind. Die auf diese Weise erhobenen Daten eignen sich nicht für systematische statistische Untersuchungen, insbesondere nicht für Zeitreihenbetrachtungen und flächenorientierte Vergleiche. Die vorhandenen Messwerte sind aber eine unverzichtbare Grundlage für die Modellbildung und die Parametereichung (s. u.).

Die Nachteile der beschriebenen diskontinuierlichen Erhebung von Messwerten können Bedarfsweise durch Simulationen ausgeglichen werden.

Der Simulation wird das Modell SNOW-K [15] zugrunde gelegt. Aus Tagesmitteln der Lufttemperatur und des Dampfdrucks sowie aus Tagessummen des Niederschlags und der Globalstrahlung kann der zeitliche Verlauf des Auf- und Abbaus des Wasseräquivalents der Schneedecke in Tagesschritten überall dort nachgebildet werden, wo die genannten meteorologischen Grundgrößen vorhanden sind.

Der Prozess des Schneedeckenaufbaus (Akkumulation) wird aus den Messwerten des Niederschlags simuliert, wobei die systematischen Messfehler durch Korrekturfaktoren beseitigt werden. Ebenso werden die Beziehungen zwischen Lufttemperatur und Aggregatzustand des Niederschlags berücksichtigt.



Für die Nachbildung der komplizierten Prozesse der Umwandlung (Metamorphose) und des Abbaus (Ablation) der Schneedecke werden die meteorologischen Größen Lufttemperatur, Dampfdruck und Globalstrahlung verwendet. Daraus können die Komponenten des Wärmeaustauschs zwischen Schneedecke und Atmosphäre (Strahlungsbilanz, turbulenter Wärmeaustausch) unter Zuhilfenahme optimierter Parameter für den Wärmeübergangskoeffizienten und die Albedo bestimmt werden. Der Wärmestrom, verursacht durch Regen auf die Schneedecke, wird ebenfalls berücksichtigt. Vernachlässigt wird hingegen der (geringfügige) Bodenwärmestrom. Die internen Prozesse der Schneedecke (u. a. strukturelle Beschaffenheit und Speichervermögen für Schmelzwasser) werden durch vereinfachte Modellannahmen berücksichtigt.

Die Optimierung der Modellparameter und die Verifikation der abgeleiteten Ergebnisse erfolgte stationsbezogen mit Hilfe entsprechender Stützwerte (Messwerte des Wasseräquivalents der Schneedecke an drei ausgewählten Messtagen der Woche). Eingehende Untersuchungen haben die gute Übereinstimmung zwischen gemessenen und simulierten Werten bestätigt. Als Optimierungszeitraum wurden die Winterhalbjahre 1951/52 bis 1980/81, als Verifizierungszeitraum für die festgelegten Optimierungsparameter die Winterhalbjahre 1981/82 bis 1995/96 verwendet.

Die Modellparameter sind in erster Näherung abhängig von der Geländehöhe und zum Teil von der Windgeschwindigkeit. Zu den wichtigsten Modellparametern, - d. h. Parameter mit großem Einfluss auf Änderungen bei der Simulation der Schneedecke -, gehören vor allem der Schwellenwert der Temperatur (Unterteilung des fallenden Niederschlags in festen/flüssigen Niederschlag), die Niederschlagskorrekturfaktoren und der Wärmeübergangskoeffizient.

Die Bestimmung der Modellparameter für jede Klimastation erfolgte nach detaillierten Untersuchungen mit Berücksichtigung der regionalklimatologischen Bedingungen und der Standortbesonderheiten (z. B. Luv-/Leelage).

Für den festgelegten Optimierungszeitraum wurden die Parameter so optimiert, dass der Verlauf der berechneten Schneedeckenentwicklung im Mittel an den Verlauf der gemessenen Schneedecke angepasst wurde.

Ein Teil der vorliegenden Stationen konnte an Hand vorhandener Wasseräquivalentmessungen optimiert werden. Die verbleibenden Stationen wurden quasi optimiert, d. h. es wurde mit Hilfe eines Gebietsparametersatzes die simulierte Schneedeckenentwicklung mit der gemessenen Schneehöhe verglichen und Anpassungen der Optimierungsparameter vorgenommen (z. T. sind bei den quasi optimierten Stationen nur kurze Messreihen vorhanden oder das gemessene Wasseräquivalent wurde nur in einigen wenigen Winterhalbjahren bestimmt).

Für zahlreiche Stationen konnte auf diese Weise die Datengrundlage für Zeitreihenanalysen, vor allem aber auch für flächenorientierte Aussagen geschaffen werden.

Damit kann lückenloses Material für die Langzeituntersuchungen, auch für das Wasseräquivalent (siehe Kapitel 6.7) und das Niederschlagsdargebot (siehe Kapitel 6.8), bereitgestellt werden.

## **4.2 Datenvorbereitung**

### **4.2.1 Probleme bei der Datenbereitstellung**

Die vorgesehenen Zeitreihenuntersuchungen zum Langzeitverhalten der Schneedecke erfordern lange, vor allem aber auch vollständige Datenreihen. Der weitaus größte Teil aller verwendeten 508 Reihen erfüllt diese Bedingung ohne Einschränkung. Im Interesse der regionalen Vergleichmäßigung der Stationsverteilung mussten aber auch Stationen einbezogen werden, deren Datenreihen Ausfälle aufwiesen. Es soll hierzu noch angemerkt werden, dass Ergänzungen in der Regel nur dann vorgenommen bzw. versucht wurden, wenn die Ausfälle nicht mehr als maximal zwei Winterperioden erreichten.

Vergleichsstationen in benachbarter und ähnlicher Lage sind in den meisten Fällen vorhanden. Auf diese Weise ließen sich die Lücken im Allgemeinen mit einem hohen Grad an Zuverlässigkeit schließen. Mit der erwähnten Möglichkeit, räumlich unmittelbar benachbarte Datenreihen in vergleichbarer geographischer Situation für die Ergänzungen verwenden zu können, wurden in vielen Fällen sowohl die mesoräumigen Besonderheiten der Schneedeckenentwicklung als auch die spezifischen Merkmale der zu ergänzenden Zeitabschnitte (Winterperioden) bestmöglich berücksichtigt.

Die räumliche Variabilität der Schneedecke ist im meso- und makromaßstäbigen Bereich überwiegend das Ergebnis der topographischen Gliederung. Erfahrungsgemäß bestehen im Mittel straff korrelierte Abhängigkeiten der Schneedeckenparameter gegenüber der Geländehöhe. Da die Variabilität mit zunehmender Schneedeckenhöhe relativ abnimmt, ist im Mittel deshalb folgerichtig eine Abnahme der Veränderlichkeit mit zunehmender Geländehöhe in dem Maße zu erwarten, in dem die Schneehöhe zunimmt (vgl. auch [9]; [11]; [12]; [14]).

Als ein aussagekräftiges Maß für die Veränderlichkeit, u. a. in Abhängigkeit von der Geländehöhe, wird die Schwankungsbreite, auch Variationsbreite, des zu betrachtenden Parameters verwendet. Sie wird ermittelt als die Differenz zwischen Minimal- und Maxi-

malwert der betreffenden Größe in einer festgelegten Periode.

Im vorliegenden Falle wird die so genannte normierte Schwankungsbreite ermittelt. Sie ist definiert als die auf den Mittelwert der zu untersuchenden Größe bezogene Differenz der Extremwerte, ausgedrückt durch die Beziehung (hier für die Schneedeckendauer):

$$\frac{A_{\max} - A_{\min}}{\bar{A}} = W_{A, \text{norm}} \quad (3)$$

$A_{\max}, A_{\min}$  = Maximal- bzw. Minimalwert der Schneedeckendauer für die vorgegebene Bezugsperiode

$\bar{A}$  = Mittelwert der Schneedeckendauer für die vorgegebene Bezugsperiode

$W_{A, \text{norm}}$  = normierte Schwankungsbreite der Schneedeckendauer für die vorgegebene Bezugsperiode

Die Abb. 4.1 und die Anlage 1 geben eine Vorstellung von der Größenordnung und der Höhenabhängigkeit der Veränderlichkeit der Schneedeckendauer, ausgedrückt durch die normierte Schwankungsbreite.

Die Besonderheiten bei der Messung des Wasseräquivalents der Schneedecke sind im Kapitel 4.1 bereits ausführlich beschrieben worden. Zur Herstellung von Datenreihen, die auch für Langzeituntersuchungen geeignet sind, müssen deshalb z. T. beträchtliche Ergänzungen vorgenommen werden.

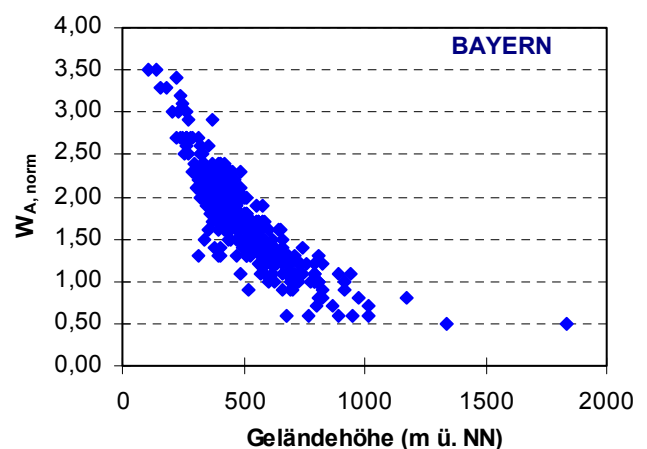
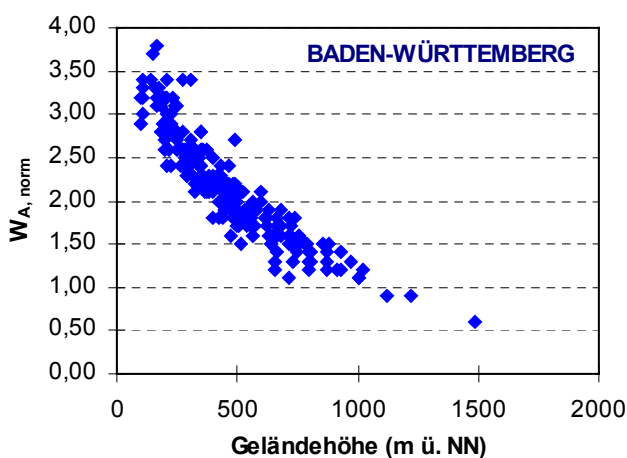


Abb. 4.1: Normierte Schwankungsbreite  $W_{A, \text{norm}}$  der Schneedeckendauer in Abhängigkeit von der Geländehöhe, Reihe 1951/52 bis 1995/96





Wo immer möglich, werden dafür außer den mit der Schneedeckensimulation berechneten Modellwerten auch statistische Beziehungen zu anderen Messwerten (hier vor allem Schnehöhendaten) hergestellt.

Wegen der Unsicherheiten, aus den vorhandenen Messwerten des Wasseräquivalents vergleichbare mittlere Werte abzuleiten, wird vorerst das Augenmerk besonders auf die Betrachtung mittlerer maximaler Werte des Wasseräquivalents gelegt. Im Bedarfsfalle können Mittelwerte aber aus den vorhandenen simulierten Datenreihen ermittelt werden. Nähere Ausführungen werden dazu im Kapitel 6.7 gemacht. Zu den bevorzugt betrachteten Beziehungen im Extrembereich der Schneedeckenhöhe und des Wasseräquivalents der Schneedecke zählen u. a.:

$$\overline{Wng, max} / \overline{Dn, max} = \overline{Qwng, x} \quad (4a)$$

und

$$\overline{Wns, max} / \overline{Dn, max} = \overline{Qwns, x} \quad (4b)$$

sowie das Verhältnis

$$\overline{Wng, max} / \overline{Wns, max} = \overline{Qwn, x} \quad (5)$$

$Wng$  steht für die gemessenen,  $Wns$  für die simulierten Werte des Wasseräquivalents;  $Dn$  ist die Schneedeckenhöhe.  $Q$  wird als allgemeine Bezeichnung für Quotient verwendet.

Die letztgenannte Beziehung hat vor allem auch zur Klärung der Repräsentativität der simulierten Werte eine besondere Bedeutung (Bezugszeiträume müssen übereinstimmen).

#### 4.2.2 Prüfung auf Stationarität

Stationarität eines Zufallsprozesses heißt, dass sich seine statistischen Eigenschaften mit der Zeit nicht ändern. Kenngrößen wie Mittelwert und Verteilungsfunktion müssen in jedem Teilabschnitt des gesamten Prozessverlaufs gleich sein. Die Invarianz statistischer Eigenschaften im Zeitverlauf bedeutet jedoch nicht, dass die Einzelwerte

zeitlich unveränderlich sind, weil sich das System, das den Prozess hervorbringt, in einem dynamischen Gleichgewichtszustand befindet. Insbesondere bei Langzeituntersuchungen ist es ratsam, die Datenreihen nicht nur hinsichtlich ihrer Homogenität, sondern auch bezüglich ihrer Stationarität zu überprüfen.

Zu diesem Zweck wird für alle verwendeten Datenreihen der Schneedeckendauer eine Stationaritätsprüfung vorgenommen. Dafür wird die so genannte "Bruchpunktanalyse" nach PETTIT [16] verwendet. Die Vorgehensweise ist dem Test von Mann-Whitney mit der Fragestellung, ob zwei Stichproben der gleichen Grundgesamtheit entstammen, vergleichbar.

Es handelt sich hierbei um einen einfachen Rangtest, bei dem für jedes Wertepaar  $x_i$  und  $x_j$  einer Reihe nicht der genaue Unterschied, sondern nur dessen Vorzeichen Verwendung findet:

$$D_{ij} = \text{sgn}(x_i - x_j); \text{sgn}(x) = \begin{cases} 1 & x > 0 \\ 0 & x = 0 \\ -1 & x < 0 \end{cases} \quad (6)$$

$$U_{t,T} = \sum_{i=1}^t \sum_{j=t+1}^n D_{ij}$$

Aus der Reihe der Rangsummen  $U_{t,T}$  werden folgende Größen extrahiert:

$$K_T^+ = \max_{1 \leq t < T} U_{t,T}$$

$$K_T^- = - \min_{1 \leq t < T} U_{t,T} \quad (7)$$

$$K_T = \max_{1 \leq t < T} |U_{t,T}|$$

Hieran schließt sich die Berechnung der Signifikanz (Irrtumswahrscheinlichkeit) an. Es ergeben sich die folgenden Wahrscheinlichkeiten für den einseitigen Test (Abweichung nach oben bzw. unten):

$$\begin{aligned} p_{oA}^+ &= e^{-\left[\frac{6(K_T^+)^2}{T^3 - T^2}\right]} \\ p_{oA}^- &= e^{-\left[\frac{6(K_T^-)^2}{T^3 - T^2}\right]} \end{aligned} \quad (8)$$

und für den zweiseitigen Test (Abweichung unabhängig von der Richtung):

$$p_{oA} = 2 e^{-\left[\frac{6(K_T^2)^2}{T^3 - T^2}\right]} \quad (9)$$

Der jeweilige Zeitpunkt  $t$ , für den der entsprechende Extremwert ermittelt wurde, kennzeichnet dann den wahrscheinlichsten Bruchpunkt in der untersuchten Reihe. Die direkte Berechnung der Wahrscheinlichkeiten erleichtert die Einschätzung.

Ohne näher auf die Ableitung der Testgrößen einzugehen ist für

$$K_{Tnorm} > p_{oA} \quad (10)$$

Instationarität anzunehmen.

Dabei gilt:

$$K_{Tnorm} = T^{-1} \{3 / (T + 1)\}^{1/2} K_T \quad (11)$$

$$K_{Tnorm} = K_T \times 0.0059 \text{ (für } T = 44 \text{)} \quad (12)$$

$T = (N - 1)$  mit  $N =$  Dauer der Bezugsperiode

Von einzelnen Ausnahmen abgesehen weisen alle Stationen deutliche Merkmale der Instationarität auf. Eine Abhängigkeit von geographischen Besonderheiten (z. B. Geländehöhe) ist nicht zu erkennen. Die Gründe für die Instationarität sind mit Sicherheit in den Änderungen der meteorologischen Bedingungen zu suchen. Gegen den Einfluss anderer Faktoren spricht das lückenlose flächendeckende Auftreten der Instationarität.

In den obigen Formeln wurden die Zeichen aus der Originalliteratur übernommen.

#### 4.2.3 Repräsentanzanalyse

Die an anderer Stelle erörterte hohe räumliche Variabilität der Schneedeckendaten (Kapitel 4.2.1) rechtfertigt nachdrücklich

eine Untersuchung der Repräsentanz der einzelnen Datenreihen. Die "Repräsentanz" gibt Auskunft darüber, inwieweit das Verhalten einer Datenreihe (Schwankung, Trend) für ein bestimmtes Gebiet aussagefähig, d. h. repräsentativ ist. Als Voraussetzung für verlässliche statistische Zeitreihenanalysen müssen die Daten ebenfalls den genannten Kriterien genügen. Erst wenn geklärt ist, dass die Struktur der Zeitreihen benachbarter Stationen bezüglich der genannten Parameter hinreichend ähnlich ist, sind beispielsweise weiterführende, räumlich orientierte Analysen (Interpolationen, Isolinien Darstellungen) sinnvoll.

Auch die Anwendung relativer Homogenitätstests ist nur mit gut korrelierten Referenzreihen zweckmäßig [7].

Für die Beschreibung und Charakterisierung der Repräsentanz ist der Korrelationskoeffizient besonders geeignet. Er kann die Ähnlichkeit von zwei Zeitreihen einfach und anschaulich ausdrücken. Als Richtwerte für eine ausreichend hohe Repräsentanz gibt es keine verbindlichen Vorgaben. RAPP und SCHÖNWIESE differenzieren in Abhängigkeit von der untersuchten Größe und der zeitlichen Detailliertheit der bearbeiteten Daten. So wird für Monatssummen des Niederschlags ein Korrelationskoeffizient von mindestens  $R = 0,70$  verlangt, für Temperaturmittel (Monatswerte) gelten wegen der geringeren räumlichen Variabilität hingegen vergleichsweise strengere Kriterien ( $R = 0,80$  bis  $0,90$ ).

An anderer Stelle [8] wurden Repräsentanzuntersuchungen für jährliche Werte der Schneedeckendauer für ein sehr weitmaschiges Stationsnetz ausgeführt. Als Kriterium für ausreichende Repräsentanz wurde ein Korrelationskoeffizient von  $R = 0,60$  gefordert. Die tatsächlich ermittelten Werte lagen größtenteils weit über diesem Grenzwert, obgleich die Stationsabstände mindestens 50 km und mehr erreichten.

Für die vorliegenden Untersuchungen kann auf ein wesentlich dichteres Netz zurückgegriffen werden. Die Repräsentanzanalyse wurde getrennt für die acht Teilgebiete durchgeführt.



Jeweils zwei Referenzstationen, die eine lückenlose Datenreihe aufweisen, nach visueller Überprüfung der Zeitreihe keine Auffälligkeiten zeigen und deren Höhenlage im Mittel jeweils den so genannten "Gebietsschwerpunkten" entspricht, wurden zum Vergleich ausgewählt.

Zur Erläuterung: Der Gebietsschwerpunkt ist identisch mit der mittleren Höhenlage des Gebietes, hier abgeleitet aus dem Mittel der Höhenlage aller Rasterpunkte innerhalb der Gebietsgrenze.

Aus dem Mittel der Ganglinienwerte der beiden Referenzstationen wurde eine Referenzreihe berechnet. Alle übrigen Stationsreihen des betreffenden Gebietes wurden mit dieser Referenzreihe korreliert. Insgesamt fallen 100 Stationen unter den Schwellenwert von  $R = 0,80$ , das sind ca. 19 % aller Stationen. Etwa 9 % unterschreiten den Wert  $R = 0,70$ . Regional sind

allerdings größere Unterschiede festzustellen (siehe Tabelle 4.2, Angaben in %, bezogen auf die Anzahl der Stationen im jeweiligen Teilgebiet).

Die große Zahl derjenigen Stationen mit einem Korrelationskoeffizienten  $R < 0,60$  ist zu beachten. Dazu wird auf die Ausführungen im Kapitel 3.2 hingewiesen. Ebenso ist ein Vergleich der Ergebnisse für die Teilgebiete aufschlussreich. Das Teilgebiet Oberrhein/Schwarzwald, das große Höhenunterschiede aufzuweisen hat, besitzt eine auch große Zahl "nicht repräsentativer" Stationen ( $R < 0,60$ ). Ebenso verhält es sich in den Teilgebieten mit Alpenanteil sowie im Bayerischen und Oberpfälzer Wald. Diese Gebiete mit großer Höhenerstreckung haben folgerichtig ein sehr ähnliches "Repräsentanzverhalten" (vgl. Tabelle 4.2). Einzig das Teilgebiet Franken (Fränkisches Stufenland/Maingebiet) ragt mit hohen "Repräsentanzwerten" deutlich heraus.

		Angaben in Prozent				
Gebiet		Baden-Württemberg (211 Stat.) <sup>1)</sup>	Donau- oberlauf/ Bodensee (44 Stat.)	Oberrhein/ Schwarzwald (41 Stat.)	Neckar/West (55 Stat.)	Neckar/Ost (77 Stat.)
<b>R</b>						
≥ 0,90		41	16	22	31	74
≥ 0,80		41	82	27	42	25
≥ 0,70		11	2	20	23	1
≥ 0,60		6		24	4	
< 0,60		1		7		
Gebiet		Bayern (322 Stat.) <sup>1)</sup>	Alpen/Ost (99 Stat.)	Alpen/West (92 Stat.)	Franken (75 Stat.)	Waldgebirge (59 Stat.)
<b>R</b>						
≥ 0,90		38	41	22	61	25
≥ 0,80		43	37	60	32	42
≥ 0,70		9	9	12	4	14
≥ 0,60		4	4	2	3	9
< 0,60		6	9	4		10

1) Die abweichende Gesamtzahl der Stationen in den Teilgebieten ergibt sich durch die doppelte Verwendung von Stationen im Bereich der Einzugsgebietsgrenzen für Gipfel- und Kammlagen.

Anmerkung: Gebietseinteilung siehe Abb. 3.1 und Kapitel 3.2.

Tabelle 4.2: Repräsentanzanalyse für die Stationen/Zeitreihen der Schneedeckendauer (Korrelation des berechneten Gebietsmittels mit Einzelstationen)  
Anzahl der Stationen (in Prozent) für den Korrelationskoeffizienten (R)



#### 4.2.4 Homogenitätsprüfung

Die verwendeten Datenreihen müssen den Anforderungen an die Homogenität genügen, weil sonst Verfälschungen bei der Trendberechnung nicht ausgeschlossen werden können. RAPP und SCHÖNWIESE [7] haben eine Zusammenstellung der maßgeblichen und zu Inhomogenitäten bei der Niederschlagsmessung führenden Faktoren vorgenommen. Die von ihnen genannten und aufgelisteten Einflüsse gelten erfahrungsgemäß in gleicher Weise auch für die Beeinträchtigung der Datenreihen der Schneedecke.

- Der Trend der maßgeblichen meteorologischen Größen ist nach heutiger Kenntnis nicht mehr allein auf natürliche Ursachen, sondern zunehmend auch auf menschliche Aktivitäten zurückzuführen. Zwar kann im Allgemeinen dabei von allmählichen Änderungen gesprochen werden, jedoch deuten einige Szenariorechnungen und der Trend verschiedener Größen in der jüngsten Vergangenheit auf eine dramatische Beschleunigung der Veränderungen hin.
- Die Änderung der Standortbedingungen durch die Vegetation ist ebenfalls als eine Kombination natürlicher und (ggf.) menschlicher Einflüsse zu sehen. Auch hier verlaufen die Änderungen im Allgemeinen allmählich und sind nicht leicht zu erkennen.
- Menschliche Eingriffe führen in der Regel zu abrupten Änderungen in den Datenreihen. Das bezieht sich u. a. auf Änderungen der Beobachtungsvorschriften, auf Änderungen des Standorts (Stationsverlegungen) oder Veränderungen der Standortumgebung durch Bebauung. Wenngleich diese "anthropogenen" Änderungen im Allgemeinen zeitlich exakt dokumentiert werden können, wird dadurch das Problem, das in der Beseitigung von Inhomogenitäten besteht, nicht einfacher.

Als homogen ist eine Datenreihe nur dann anzusprechen, wenn deren Variationen und Veränderungen lediglich durch meteorologische Ursachen zu erklären ist. In dieser Hinsicht beinhalten die für die vorgesehenen Untersuchungen zur Verfügung stehenden Datenreihen Einflüsse der verschiedensten

Art, die entsprechend gewertet werden müssen.

Bei den statistischen Analysen muss weiterhin davon ausgegangen werden, dass für die verwendeten Daten Normalverteilung nicht vorausgesetzt werden kann, d. h. bei der Auswahl der statistischen Verfahren muss diese Bedingung unbedingt beachtet werden.

Über die Auswirkungen von Inhomogenitäten im Datenmaterial, insbesondere über die Folgen bei der Zeitreihen- und Trendanalyse, liegen ausführliche Darlegungen vor. So ist vor allem der Zeitpunkt des Eintretens der Inhomogenität ausschlaggebend für das Ergebnis. Die am Anfang oder Ende eines Untersuchungszeitraums liegenden Inhomogenitäten verfälschen das Trendergebnis im Allgemeinen weniger als ein "Bruch" in der Mitte der Datenreihe.

Bevor hier die Ergebnisse der Homogenitätsprüfungen näher betrachtet werden, soll noch einmal daran erinnert werden, dass allein wegen der (bereits mehrfach genannten) großen räumlichen und zeitlichen Variabilität der Schneedeckenparameter die Homogenitätsprüfungen sehr schwierig sind. Selbst die Vergleiche von Mess- und Beobachtungsdaten benachbarter Stationen müssen mit Sorgfalt vorgenommen und ihre Ergebnisse mit Vorsicht interpretiert werden. Auch geringfügig scheinende Standortunterschiede können von Fall zu Fall wechselnde Ablagerungs-, Umwandlungs- und Abbauprozesse zur Folge haben. Da alle diese Vorgänge eine "kumulative" Wirkung haben, können die Abläufe kaum nachvollzogen, noch weniger statistisch "geklärt" werden. Es ist weiter festzustellen, dass räumlich benachbarte, aber in unterschiedlicher Höhe gelegene Stationen hinsichtlich der Schneedeckenentwicklung eine sehr eigenständige, d. h. abweichende Dynamik aufweisen können. Wegen des Wechsels des Aggregatzustandes des Niederschlags mit der Höhe (abhängig von der aktuellen vertikalen Temperaturverteilung) ist gleichzeitig Akkumulation in höheren Lagen oder Ablation in benachbarten tieferen Lagen möglich.



Die von Zufälligkeiten des aktuellen Witterungsverlaufs in einer oder mehreren aufeinanderfolgenden Winterperioden beeinflussten Prozesse der Schneedeckenentwicklung können zu beträchtlichen Unterschieden auch im langjährigen mittleren Verhalten benachbarter Stationen führen, ohne dass sich hinter diesen Unterschieden in jedem Falle Inhomogenitäten verbergen.

Die Ergebnisse der Homogenitätsprüfung sind auch dahingehend zu prüfen, ob in jedem Falle einer statistisch nachgewiesenen Inhomogenität eine Korrektur (Homogenisierung) zweckmäßig ist. Die Rekonstruktion inhomogener Datenreihen ist wegen unzureichender Quellen vielfach nur unzulänglich möglich. Der erzielbare Informationsgewinn ist damit nur zweifelhaft, weil bei der Homogenisierung lediglich die Information einer Reihe auf eine andere übertragen wird.

Als wesentliche Voraussetzungen für eine sichere Datengrundlage werden primär lückenlose Datenreihen und ein einheitlicher Bezugszeitraum angesehen (s. Kapitel 4.1). Die weitere Prüfung der Zuverlässigkeit der verwendeten Reihen kann auf verschiedene, voneinander unabhängige Weise erfolgen.

Die Kartendarstellung der Ergebnisse ist ein wirksames Hilfsmittel für die visuelle (empirische) Überprüfung. Dabei können lokale Auffälligkeiten identifiziert werden. Diese äußern sich in der Regel als inselartige Abweichungen, z. B. mit gegenläufigem Trendverhalten im Vergleich zur Umgebung. Solche Besonderheiten sind zwar nicht zwingend beweiskräftig, aber doch mit einiger Wahrscheinlichkeit als Hinweis auf Inhomogenität anzusehen.

Als eine weitere Möglichkeit der visuellen Überprüfung ist die Darstellung verdichteter Daten (Mittelwerte) in Abhängigkeit von der Geländehöhe zu sehen.

Detaillierte Einsichten bringt auch der Vergleich der Ganglinien verschiedener Schneedeckenparameter von benachbarten Stationen.

Die beschriebenen Formen der visuellen, empirischen Prüfung entsprechen dem Sinne nach den so genannten "relativen Homoge-

nitätstests". Diese beruhen auf statistischen Vergleichen zwischen den Daten der zu prüfenden Station und denen benachbarter Referenzstationen.

Der relative Homogenitätstest nach ALEXANDERSSON [17], der hier verwendet wird, hat gegenüber anderen Testverfahren den Vorteil, dass mit seiner Hilfe außer der Testaussage (homogen oder inhomogen) für eine Datenreihe im Falle der Inhomogenität auch der Zeitpunkt und das Ausmaß der Unregelmäßigkeit angegeben wird. Der Test ist verteilungsfrei, eignet sich deshalb besonders auch für die Untersuchung von Schneedeckenreihen. Die Tests werden für Jahreswerte der Schneedeckendauer durchgeführt. Dazu werden alle Zeitreihen, die bei der Repräsentanzanalyse eine Korrelation  $R > 0,60$  aufweisen, zu einer Gebietsmittelreihe zusammengefasst. Von dieser Reihe wird angenommen, dass durch die Mittelbildung gegebenenfalls noch vorhandene Inhomogenitäten einzelner Reihen weitgehend eliminiert werden. Ebenso wird angenommen, dass die Korrelation zwischen der Referenzreihe und der jeweils zu testenden Reihe ausreichend ist.

Für einen Stichprobenumfang von 50 ergeben sich nach ALEXANDERSSON [17] sowie ALEXANDERSSON und MÖBERG [18] die folgenden Grenzwerte für die Testgröße  $T_s(\max)$  bei bestimmten Vertrauensgrenzen:

$$V_{T_{90}} : 7,25; V_{T_{95}} : 8,45 \text{ und } V_{T_{97,5}} : 9,65 .$$

Sofern die Testgröße größer ist als eine bestimmte kritische Schwelle, dann sollte die entsprechende Reihe als inhomogen klassifiziert werden. ALEXANDERSSON empfiehlt das 90 %-Niveau, weil sonst tatsächliche Inhomogenitäten allzu leicht unentdeckt bleiben können. Nach diesem Kriterium würden fast 60 % der Datenreihen mit hinreichender Sicherheit als homogen angesehen werden dürfen. Bei Annahme von  $V_{T_{95}}$  wären es immerhin fast 70 % und für  $V_{T_{97,5}}$  sogar 75 %. Die Ergebnisse für die einzelnen Untersuchungsgebiete werden in Tabelle 4.3 angegeben (Angaben in Prozent).

Gebiet $V_T$	Angaben in Prozent				
	Baden- Württem- berg (211 Stat.) <sup>1)</sup>	Donau- oberlauf/ Bodensee (44 Stat.)	Oberrhein/ Schwarzwald (41 Stat.)	Neckar/ West (55 Stat.)	Neckar/ Ost (77 Stat.)
$\leq V_{T 90}$	60	61	56	64	58
$\leq V_{T 95}$	71	68	71	73	70
$\leq V_{T 97,5}$	76	73	80	75	75

Gebiet $V_T$	Bayern (322 Stat.) <sup>1)</sup>	Alpen/Ost (99 Stat.)	Alpen/West (92 Stat.)	Franken (75 Stat.)	Waldgebirge (59 Stat.)
	$\leq V_{T 90}$	58	61	58	61
$\leq V_{T 95}$	68	68	63	76	66
$\leq V_{T 97,5}$	75	76	71	77	78

1) Die abweichende Gesamtzahl der Stationen in den Teilgebieten ergibt sich durch die doppelte Verwendung von Stationen im Bereich der Einzugsgebietsgrenzen für Gipfel- und Kammlagen.

Anmerkung: Gebietseinteilung siehe Abb. 3.1 und Kapitel 3.2.

Tabelle 4.3: Homogenitätsprüfung für die Stationen/Zeitreihen der Schneedeckendauer (ALEXANDERSSON-Test)  
Anzahl der Stationen (in Prozent) für Vertrauensgrenzen  $V_T$

Nach einer ersten Prüfung der statistischen Testergebnisse können folgende Feststellungen getroffen werden: Die nach der visuellen Einschätzung als inhomogen klassifizierten Datenreihen sind, abgesehen von Einzelfällen, nach der statistischen Analyse als unbedenklich anzusehen. Demgegenüber wurden Stationen gefunden, deren Reihen als stärker inhomogen anzusprechen sind als nach der empirischen Überprüfung anzunehmen war.

Für die Kartendarstellungen wird durch die Weglassung der inhomogenen Datenreihen keine wesentliche Verbesserung erzielt, da die meisten dieser Reihen keine abweichenden Auffälligkeiten im Trendverhalten aufweisen.

#### 4.3 Zusammenfassende Einschätzung der Datenqualität

Uneingeschränkt positiv ist der Umfang des Datenmaterials, d. h. die Zahl vollständiger Datenreihen zu bewerten. Die notwendigen Einschränkungen hinsichtlich der Länge der

Bezugsreihe werden dadurch z. T. gemildert. Nach den Kriterien des ALEXANDERSSON-Tests sind ca. 25 % ( $V_{T 97,5}$ ) aller Datenreihen als inhomogen zu bezeichnen. Eine detaillierte Analyse ergab jedoch, dass nur ein kleiner Teil dieser Reihen tatsächlich einen Einfluss auf das regional-typische Trendverhalten ausüben würde. Nur ca. 12 Datenreihen, das sind etwa 5 % aller Stationsreihen in Baden-Württemberg (bzw. 40 Datenreihen und 12 % der Reihen in Bayern) sind als ‚bedenklich‘ anzusehen. Es kann deshalb festgestellt werden, dass mit Hilfe des bereitgestellten Datenmaterials die vorgesehenen Aufgabenstellungen uneingeschränkt erfüllt werden können.



## 5 Methoden der statistischen Bearbeitung

### 5.1 Untersuchungen zum Andauerverhalten der Schneedecke. Trendanalyse

Für die Charakterisierung der räumlichen und zeitlichen Veränderlichkeit der Schneedeckenparameter werden statistische Maßzahlen verwendet.

Eine besonders zweckmäßige Größe, die Veränderungen eines (Klima)Zustandes im Laufe eines bestimmten Zeitraums zu beschreiben, ist der so genannte Trend. Gesicherte Erkenntnisse über die Veränderungen einer Klimagröße in eine bestimmte Trendrichtung können allerdings nur aus der Untersuchung sehr langer Reihen abgeleitet werden. Natürlich sind auch die aus kürzeren Reihen ermittelten Ergebnisse bedeutsam, sofern eine sorgfältige Interpretation erfolgt.

Es soll noch einmal an die an anderer Stelle (Kapitel 4.1) gegebene Begründung erinnert werden, weshalb für die vorliegenden Untersuchungen nur eine relativ kurze Bezugsreihe gewählt werden musste. Wegen dieser Einschränkung wurde ein eingehender Vergleich des Bezugszeitraumes mit anderen, u. a. säkularen Zeiträumen vorgenommen (vgl. hierzu Anlage 2, sowie [8]).

Nach diesen einleitenden Bemerkungen soll nachfolgend zur Herangehensweise bei den Trenduntersuchungen Stellung genommen werden. Der ausführlich beschriebene Teilreihenvergleich machte insbesondere auch deutlich, dass vor allem in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts sehr gegensätzliche und zugleich extreme Tendenzen im Andauerverhalten der Schneedecke zu beobachten sind. Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass sich dieses Verhalten auch in der Zukunft fortsetzt und gegebenenfalls noch verstärkt.

Für die Zeitreihenanalyse wird in dieser Arbeit ausnahmslos der lineare Trend ermittelt und interpretiert.

Bei der Bestimmung des linearen Trends wird durch die Zeitreihe der zu betrachtenden Größe (Länge der Reihe = N Jahre) eine

Regressionsgerade nach der Methode der kleinsten Quadrate gelegt. Die in den nachfolgenden Formeln zur Trendermittlung verwendeten Zeichen und Symbole sind an die in der Literatur benutzte Schreibweise angelehnt. Für die Trendermittlung gilt die Regressionsbeziehung:

$$x_i = a + b \cdot t_i \quad (13)$$

Der lineare (absolute) Trend ( $T_r$ ) ist demzufolge definiert als die Differenz zwischen dem Endwert  $x_N$  zum Zeitpunkt  $t_N$  und dem Anfangswert  $x_1$  zum Zeitpunkt  $t_1$ :

$$T_r = x_N - x_1 \quad (14)$$

$x_i$  = Ordinatenwerte der Regressionsgeraden zu den Zeitpunkten  $t_i$   
 $a, b$  = Regressionskoeffizienten

Der Mittelwert der Zeitreihe (MW) ist gegeben durch die Beziehung:

$$MW = 0,5(x_1 + x_N) \quad (15)$$

Außer dem so genannten "absoluten" Trend ( $T_r$ ), der die Veränderungen einer Größe in einem bestimmten Bezugszeitraum angibt, erweist sich die Verwendung des "relativen" Trends ( $rT$ ) besonders dann als vorteilhaft, wenn das Trendverhalten von Zeitreihen mit unterschiedlichen Mittelwerten direkt verglichen werden soll.

Wie bereits beschrieben, haben alle Schneedeckenparameter eine hohe räumliche (insbesondere auch von der Geländehöhe abhängige) Variabilität der Mittelwerte aufzuweisen. Die Verwendung relativer Trendwerte verspricht deshalb eine wesentlich verbesserte Aussage. Von den verschiedenen Möglichkeiten, den relativen Trend zu definieren, wird die Bestimmung der Veränderung der jeweils betrachteten Größe gegenüber der Ausgangssituation (d. h. am Beginn des Untersuchungszeitraums) gewählt, ausgedrückt in Anteilen oder Prozenten des Mittelwertes des Schneedeckenparameters im Untersuchungszeitraum:



$$rT = \frac{T_r}{MW} \quad (16)$$

oder

$$rT = \frac{T_r}{MW} \cdot 100 \quad [\%] \quad (17)$$

Als weitere Größe wird der "normierte lineare Trend" ( $rT$ ) definiert. Dabei handelt es sich um den auf die Zeiteinheit (hier eine Winterperiode) bezogenen Anstieg der Trendgeraden. Die Anwendung dieser Größe ist unverzichtbar, wenn z. B. das Trendverhalten verschiedener Bezugsperioden verglichen werden soll (vgl. z. B. Anlage 2). Aber auch für regionale Vergleiche besitzt dieser Parameter neben dem absoluten Trend eine hohe Aussagekraft.

Für die Trendanalysen sind ausreichend lange Zeiträume zu wählen, um nichttypische und zufällige Erscheinungen bei der Trendermittlung auszuschließen. Geringfügige Änderungen der Länge oder zeitliche Verschiebungen des Bezugszeitraums sollten keine Änderungen des Trends zur Folge haben; der für eine Bezugsperiode ermittelte Trend soll möglichst eine große Stabilität aufweisen. Die Stabilität des Trends kann auf einfache Weise geprüft werden. Zu diesem Zweck wird die Länge des Bezugszeitraums schrittweise verändert, z. B. durch die Verschiebung des "Anfangsdatums" um jeweils ein Jahr bzw. eine Winterperiode. Für jeden auf diese Weise neu bestimmten Untersuchungszeitraum wird der (normierte) Trend berechnet. Daraus kann schließlich abgeleitet werden, ab welcher Mindestlänge einer Datenreihe stabile Ergebnisse erreicht werden können. Erfahrungen lehren, dass Bezugszeiträume, die kürzer als 30 Jahre sind, keine zuverlässigen Trendergebnisse liefern. Sowohl für Niederschlags- wie auch für Temperaturreihen wurden in diesen Fällen starke Fluktuationen bei nur geringfügigen Änderungen der Reihen beobachtet.

In gleicher Weise, wie beschrieben, wurde mit Hilfe der säkularen Potsdamer Datenreihe eine Langzeitstudie zur Trendstabilität der Schneedeckendauer durchgeführt [8]. Die Berechnungen wurden beim Erreichen eines 30-jährigen Bezugszeitraums (1966/67 bis 1995/96) abgebrochen. Aus dem Verlauf der in Ganglinienform aufgetragenen Trendwerte konnte entnommen werden, dass mindes-

tens eine ca. 45 bis 50 Jahre umfassende Reihe notwendig ist, um eine akzeptable Trendstabilität zu gewährleisten.

An dieser Stelle soll noch einmal auf die Vergleiche der Trendwerte der Schneedeckendauer für unterschiedliche Bezugszeiträume aufmerksam gemacht werden. Ganz besonders soll die Auswirkung einzelner extremer Jahreswerte bzw. begrenzter Zeitabschnitte mit stark vom Mittel abweichendem Verhalten auf den langjährigen Trendwert betrachtet werden. Allein die Zunahme der Winterperioden 1991/92 bis 1995/96 vermag es, den für die Jahresreihe 1901/02 bis 1989/90 ermittelten Trendwert für die Station Potsdam zu halbieren (vgl. Anlage 2). In aller Deutlichkeit wird an diesem Beispiel der Einfluss von Extremsituationen klar.

Mit Rücksicht darauf, dass für die vorliegende Arbeit nur ein Bezugszeitraum zur Verfügung steht, der nach den soeben gemachten Ausführungen den Mindestanforderungen an die Länge der Datenreihe entspricht, wird von Betrachtungen zur Trendstabilität Abstand genommen. Allerdings ist zu vermuten, dass die Trendstabilität für den verwendeten Bezugszeitraum nur begrenzt ist. Die einzige Möglichkeit einer "Trend-Stabilisierung", d. h. einer Erhöhung der Ergebnissicherheit, besteht in der Erweiterung des Bearbeitungszeitraums. Das könnte nach Vorliegen weiterer Daten zu gegebener Zeit (z. B. nach 10 Jahren) erfolgen.

Die vorgebrachten Bedenken hinsichtlich der Trendstabilität betreffen vor allem die Repräsentanz der Aussagen zum Trendverlauf. Fast noch wichtiger aber sind Aussagen über die statistische Signifikanz der ermittelten Trends. Ohne eine solche Prüfung können die Ergebnisse nicht richtig interpretiert werden. Trends signifikanz bedeutet eine Aussage über seine Sicherheit, d. h. über die "Deutlichkeit" mit der er sich aus der Variabilität der betrachteten Zeitreihen heraushebt. Für diese Untersuchung können verschiedene Methoden benutzt werden. Als ein einfach zu ermittelndes Maß für die Signifikanz kann das so genannte "Trend-Rausch-Verhältnis" ( $T/R$ ) bezeichnet werden.



Es wird abgeleitet aus der Beziehung zwischen dem absoluten Trend ( $T_r$ ) und der Zeitreihenvariabilität, hier ausgedrückt durch die Standardabweichung (SA):

$$T/R = \frac{T_r}{SA} \quad (18)$$

$T/R < 1$  heißt, dass der Trend kleiner ist als die Standardabweichung. Erst wenn das Verhältnis den Wert  $T/R > 2$  erreicht, kann von Signifikanz des Trends gesprochen werden. Das Verhältnis  $T/R$  liefert allerdings bei nicht normalverteilten Daten, besonders aber bei extrem schiefen Verteilungen, keine guten Ergebnisse. Für Schneedeckendaten treffen die Annahmen über Normalverteilung im Allgemeinen aber nicht zu.

Eine weitere einfache Möglichkeit zur Signifikanzprüfung besteht darin, die Steigung der Regressionsgeraden zum Vergleich heranzuziehen ("Regressionsgeradentest"). Verbleibt die Geradensteigung innerhalb der Variabilität bzw. des Vertrauensbereiches ( $v$ ),

$$v = \frac{SA}{MW} \quad (19)$$

dann ist keine Signifikanz vorhanden. Die Steigung, gleichbedeutend mit dem normierten linearen Trend, übertrifft in diesem Falle nicht die natürliche Variabilität (vgl. auch [19]).

Neben diesen empirischen Vorgehensweisen empfiehlt sich besonders das Testverfahren nach Mann/Kendall. Normalverteilung wird für die zu untersuchenden Daten nicht vorausgesetzt. Obgleich dieses Verfahren gegenüber dem Trend-Rausch-Verhältnis als die anspruchsvollere Methode der Trendprüfung anzusehen ist, liefert es häufig höhere Signifikanzaussagen als das  $T/R$ -Verhältnis [7].

Der Mann/Kendall-Trendtest liefert Zahlenwerte ( $Q$ ), die mit Hilfe der tabellierten Normalverteilung [20] zur Signifikanzprüfung eingesetzt werden können. Die Signifikanz  $S$  wird in % angegeben. Der Signifikanzwert  $S = 80$  % wurde im Rahmen von KLIWA als unterster Schwellenwert für signifikante Zeitreihenänderungen festgelegt. Wird durch den Test ein Wert  $S < 80$  % bestimmt, liegt

kein signifikanter Trend vor bzw. ein Trend gilt als statistisch nicht nachweisbar.

## 5.2 Formen der Ergebnisdarstellung

Für die Ergebnisdarstellung wird außer der Tabellenform die Darstellung als Karte und Diagramm gewählt. Die genannten Varianten ergänzen sich gegenseitig hinsichtlich ihrer Aussagekraft und gewährleisten neben einer detaillierten Ergebniskontrolle eine rasche Übersicht.

Für die flächendeckende regionale Analyse eignen sich Kartendarstellungen am besten. Sie liefern eine hochgradige Informationsverdichtung. Dank der großen Zahl an Stationen können die räumlichen Verteilungen der Schneedeckenparameter in Abhängigkeit von den geographischen Bedingungen mit hoher Zuverlässigkeit dargestellt und beurteilt werden.

Ergänzend zur Kartendarstellung sind verschiedene Diagramme zu nennen, die u. a. die Abhängigkeit der einzelnen Parameter von der Geländehöhe ausdrücken. Die graphische Darstellung wird soweit wie möglich getrennt für die einzelnen Teilgebiete vorgenommen. Damit sollen die regionalen Unterschiede, u. a. auch im Vergleich zum Gesamtgebiet, deutlich gemacht werden.

Für nahezu alle von der Geländehöhe abhängigen Beziehungen werden auch die Stationen mit inhomogenen Datenreihen in die graphische Darstellung integriert. Die in den Diagrammen enthaltenen Regressionsgleichungen sind hier lediglich als ergänzende Information vorgesehen. Sie beziehen sich auf alle, auch die inhomogenen Datenreihen.

Für die Darstellung des zeitlichen Verlaufs (Langzeitverhalten) der Datenreihen, ihrer Variabilität, ihres Extrem- und Trendverhaltens, ist die Gangliniendarstellung am besten geeignet. Hierzu wird eine Anzahl repräsentativer Stationen ausgewählt, mit deren Hilfe die räumlichen, besonders aber die zeitlichen Besonderheiten im Trendverhalten verglichen werden können.



Ergänzend soll noch hinzugefügt werden, dass auch für die Darstellung der Ergebnisse zum Verhalten des Wasseräquivalents der Schneedecke die beschriebenen Methoden angewendet werden.

Die graphischen Darstellungen enthalten in der Regel auch die Regressionsgleichungen für die statistischen Beziehungen der betrachteten Größen. Die Zeichen, die im Text für die dargestellten Größen verwendet werden, sind entweder an der Abszisse des jeweiligen Koordinatensystems abzulesen bzw. der Überschrift zu entnehmen. Desgleichen ist darauf hinzuweisen, dass bei der Darstellung der Parameter in Abhängigkeit von der Geländehöhe die Standardabweichung (SA) als Abweichung von der jeweiligen Regressionsgeraden ermittelt wurde [21]:

$$SA = \sqrt{\frac{1}{n-2} \sum_{i=1}^n (y_i - Y_i)^2} \quad (20)$$

Die Anlage 3 enthält alle verwendeten Stationen, unabhängig von ihrer Homogenität. Eine besondere Kennzeichnung der gemäß Kriterium inhomogenen Reihen erfolgte nicht. Die Analysen und Auszählungen wurden jedoch ausnahmslos nur auf der Grundlage der als homogen eingestufteten Daten vollzogen (z. B. die Anzahl der signifikanten Trendwerte).

### 5.3 Regionalisierungsmethodik

Für die Länder Baden-Württemberg und Bayern wurde eine Unterteilung in Untersuchungsgebiete vorgenommen. Da die Schneedeckenparameter entscheidend von der Geländehöhe abhängen, konnte die Berechnung von Flächenwerten für diese Gebiete nicht durchgeführt werden. Durch die starke regionale Gliederung des Untersuchungsgebietes würde ein Flächenwert die Unterschiede in den einzelnen Höhenbereichen nivellieren bzw. die für bestimmte Geländehöhen entscheidenden Unterschiede der Schneedeckenparameter sind nicht mehr deutlich erkennbar.

Die für die Schneedeckenparameter und auch für den Trend erhaltenen Ergebnisse

liegen stationsbezogen vor. Die Übertragung dieser Größen auf beliebige Punkte zwischen diesen Stationen oder auf Rasterpunkte erfordert eine Regionalisierungsmethodik.

Für dieses Regionalisierungsproblem sind in der Literatur mannigfache Verfahren veröffentlicht worden.

Bei der Nearest Neighbor Methode (auch Polygonmethode oder Thiessen Verfahren genannt) bekommen die Gitterpunkte, für die ein Wert gesucht wird, einfach die Werte der am dichtesten gelegenen Station zugewiesen. Beim Spheremap Verfahren nach Shepard und Willmot [22], beim Spheremap Verfahren mit Korrelationsfunktion und beim modifizierten Rasterpunktverfahren [23] wird der Wert am Rasterpunkt als gewichtetes Mittel der Werte an den benachbarten Stationen gebildet, wobei die Gewichte vom jeweiligen Abstand zwischen Rasterpunkt und Station abhängen.

Für Daten, welche eine hohe Korrelation mit der Höhe über NN aufweisen (z. B. Temperatur, Schneedeckendauer, Schneehöhe usw.), sind die oben erwähnten Verfahren nicht ohne größere Modifikationen einsetzbar, vor allem dann nicht, wenn die Höhe innerhalb von horizontalen Strecken, die klein gegenüber dem mittleren Stationsabstand sind, stark variiert. In diesem Fall ergibt die reine Höhenregression bessere Ergebnisse.

Sind die Messwerte verschiedener Stationen auch untereinander korreliert (d. h., dass die Kovarianz der Messwerte zweier Stationen ungleich null ist) und hat man Kenntnis oder wenigstens eine Schätzung darüber, wie die Kovarianz mit der Entfernung zwischen den Stationen variiert, so kann und sollte man diese zusätzliche Information nutzen. Dies geschieht bei der optimalen Interpolation bzw. beim Kriging.

Beim Ordinary Kriging wird vorausgesetzt, dass ein konstanter, von der Position im betrachteten Gebiet unabhängiger Erwartungswert existiert.



Eine lineare Höhenabhängigkeit des Erwartungswertes der betrachteten Größe kann berücksichtigt werden, wenn man zunächst die reine Höhenregression durchführt und für die Residuen das so genannte Simple Kriging durchführt. Beim Universal Kriging sind sogar im Prinzip beliebige räumliche Abhängigkeiten des Erwartungswertes vorgebar, im Allgemeinen wird man sich aber auf lineare oder quadratische Abhängigkeiten von den Ortskoordinaten beschränken.

Wird mehr als eine physikalische Größe betrachtet, so kann man das Multivariate Kriging oder Cokriging benutzen. Bei diesem wird nicht nur die räumliche Kovarianz einer Größe betrachtet, sondern auch noch die Kreuzkovarianz der verschiedenen Größen untereinander.

Da in dieser Arbeit jeweils nur eine einzige Größe regionalisiert werden soll, wird hier nur auf das univariate Kriging eingegangen.

Die Vorteile des Kriging gegen über der reinen Höhenregression (und auch gegenüber den anderen Verfahren) sind:

- Der mittlere Schätzfehler ist (im statistischen Sinne) minimal, also kleiner als bei den anderen Verfahren.
- Wenn Station und Rasterpunkt zusammenfallen, so wird dem Rasterpunkt exakt der Stationswert zugeordnet, vorausgesetzt der Messfehler an der Station ist null oder vernachlässigbar.
- Ist der mittlere Messfehler (bzw. die Messfehlervarianz), der bei der Messung bzw. Berechnung der betrachteten Größe auftritt, bekannt, so kann dieser Fehler ohne zusätzlichen Aufwand beim Kriging berücksichtigt werden.
- Man kann beim Universal Kriging beliebige Funktionen, welche die räumliche Variation des Erwartungswertes beschreiben, vorgeben.

Die Nachteile beim Kriging bestehen darin, dass man Schätzungen der Kovarianzfunktion (als Funktion des verallgemeinerten Abstandes) benötigt.

Nach ausführlichen Untersuchungen zur Regionalisierung der vorgegebenen Größen der Schneedeckenentwicklung wurde Universal Kriging als die am besten dem Problem angepasste Methodik ausgewählt (mit einem Nuggeteffekt von 0,03 und einer Halbwertdistanz der Korrelationsfunktion von 7 km).

Weitere Informationen zum Kriging findet man im Internet (Internetliteratur), bei [24], [25] sowie in [26].



## 6 Untersuchungsergebnisse zum Langzeitverhalten der Schneedecke: Trendverhalten und -prüfung

### 6.1 Schneedeckendauer

Die Schneedeckendauer ist eine direkt aus Beobachtungen und Messungen ermittelte Größe (Definition siehe Kapitel 3.3). Sie ist besonders gut geeignet, das Schneedeckenregime zu beschreiben und zu charakterisieren. Wegen der großen räumlichen und zeitlichen Variabilität der Schneedecke ist bei der Interpretation der Ergebnisse große Sorgfalt erforderlich. Das gilt in besonderem Maße für flächenorientierte Aussagen.

Die Verteilung der Schneedecke ist wegen verschiedenartiger Ablagerungs- und Entwicklungsbedingungen selbst in wenig gegliedertem Gelände sehr ungleichförmig. Schon geringe Erhebungen im Tiefland zeigen im Vergleich zur Umgebung eine etwas höhere Zahl von Tagen mit Schneedecke [10].

Im stärker gegliederten Gebiet verdient der Einfluss der topographischen Faktoren die größte Beachtung. Die Zunahme der Zahl der Schneedeckentage mit zunehmender Geländehöhe wurde schon mehrfach erwähnt.

Im hügeligen Gelände und mehr noch im Mittelgebirge spielt auch die Hangexposition eine wichtige Rolle. Bei strahlungsreichem Wetter sind bedeutende Einflüsse auf die Mächtigkeit der Ablagerungen und die Erhaltung der Schneedecke zu beachten: Die südexponierten Hänge sind früher schneefrei als die Nordhänge.

Die Schneedecke hat im Tiefland wegen des dort herrschenden Witterungscharakters vielfach nur episodischen Charakter. Eine über mehrere Wochen andauernde Schneedecke tritt nur in strengen Wintern auf. In den Mittelgebirgen, oberhalb 600 m bis 700 m, ist eine länger andauernde Schneebedeckung hingegen regelmäßig vorhanden.

Die Gleichungen in Tabelle 6.1 stellen die Beziehung zwischen der mittleren Schneedeckendauer  $\bar{A}$  und der Geländehöhe  $H$  dar. Wie erwartet, ergaben die Untersuchungen für die einzelnen Teilgebiete jeweils stark ausgeprägte Abhängigkeiten von der Geländehöhe mit entsprechend hohen Korrelationskoeffizienten.

Gebiet	Anzahl Stationen <sup>1)</sup>	Regressionsgleichung	Korrelation R
Baden-Württemberg	211	$\bar{A} = 0,11 H + 0,1$	0,96
Donauoberlauf/Bodensee	44	$\bar{A} = 0,12 H - 11,1$	0,88
Oberrhein/Schwarzwald	41	$\bar{A} = 0,12 H - 7,0$	0,98
Neckar/West	55	$\bar{A} = 0,10 H + 2,6$	0,96
Neckar/Ost	77	$\bar{A} = 0,10 H + 6,0$	0,95
Bayern	322	$\bar{A} = 0,13 H - 1,9$	0,91
Alpen/Ost	99	$\bar{A} = 0,13 H - 1,7$	0,90
Alpen/West	92	$\bar{A} = 0,15 H - 17,5$	0,94
Franken	75	$\bar{A} = 0,12 H + 1,3$	0,90
Waldgebirge	59	$\bar{A} = 0,15 H - 2,9$	0,92

1) Die abweichende Gesamtzahl der Stationen in den Teilgebieten ergibt sich durch die doppelte Verwendung von Stationen im Bereich der Einzugsgebietsgrenzen für Gipfel- und Kammlagen.

Anmerkung: Gebietseinteilung siehe Abb. 3.1 und Kapitel 3.2.

Tabelle 6.1: Abhängigkeit der mittleren Schneedeckendauer  $\bar{A}$  von der Geländehöhe  $H$  Reihe 1951/52 bis 1995/96

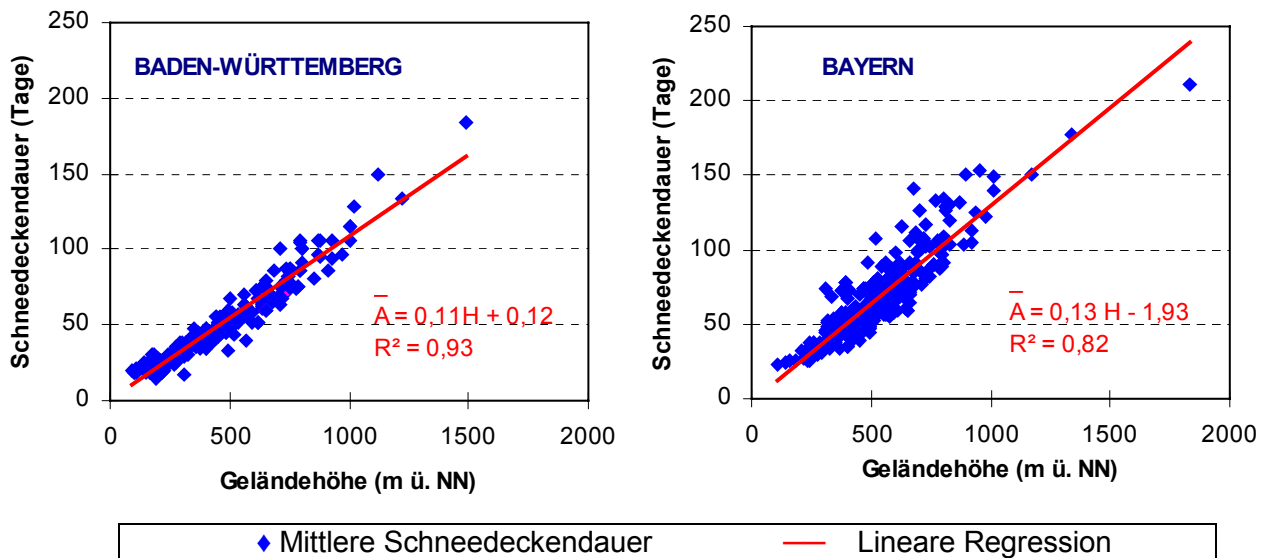


Abb. 6.1: Mittlere Schneedeckendauer  $\bar{A}$  in Abhängigkeit von der Geländehöhe  $H$   
Reihe 1951/52 bis 1995/96

In der Abb. 6.1 wird diese Höhenabhängigkeit für die Gebiete Baden-Württemberg und Bayern dargestellt. Für die Darstellungen wurden eine hohe Korrelation und eine geringe Standardabweichung ermittelt.

Über die hier mitgeteilten Ergebnisse der Darstellung hinausgehend, enthalten die Anlagen 1 und 3 eine Reihe weiterer Informationen. So ist u. a. festzuhalten, dass die ermittelten regionalen Unterschiede im Andauerverhalten in vielen Höhenbereichen vom Ausmaß der Streuung der Einzelwerte übertroffen werden.

Die Variabilität ( $v$ ), definiert als das Verhältnis der Standardabweichung (SA) zum Mittelwert (MW), nimmt, vergleichbar der normierten Schwankungsbreite, mit zunehmender Geländehöhe stetig ab (vgl. Anlage 3). In den unteren Höhenlagen, etwa bis 300 m ü. NN, überwiegen im Allgemeinen noch Werte  $> 60\%$ . In den mittleren und höheren Lagen verringern sich die Schwankungen auf  $30\%$  bis  $50\%$ . Schließlich werden in den Gipfel- und Kammlagen vor allem nur noch Werte unter  $20\%$  registriert.

Die ausführliche Beschreibung der regionalen Verteilung der Schneedeckendauer ist auch als Beitrag zu einer objektiven Beurteilung der gewählten Gliederung des Untersuchungsgebietes zu sehen. Als Ergebnis der durchgeführten Auswertungen lässt sich allerdings feststellen, dass wegen der hohen räumlichen Variabilität der Schneedeckenparameter (stellvertretend hier der Schneedeckendauer) und der für das langjährige mittlere Verhalten nur geringen regionalen Regimeunterschiede eine weitere, regionale Untergliederung des Untersuchungsgebietes für schneehydrologische Zeitreihenanalysen nicht zweckmäßig ist. Alle weiteren Untersuchungen, vornehmlich zum Trendverhalten, werden deshalb auf der Grundlage der beschriebenen regionalen Gliederung (s. Abb. 3.1 und Kapitel 3.2) vorgenommen.

Im Weiteren wird besonders dem Trendverhalten Aufmerksamkeit gewidmet. Trenduntersuchungen sollen möglichst für eine Vielzahl von Zeitreihen, für lange Bezugszeiträume und vergleichend für verschiedene Zeitabschnitte vorgenommen werden.

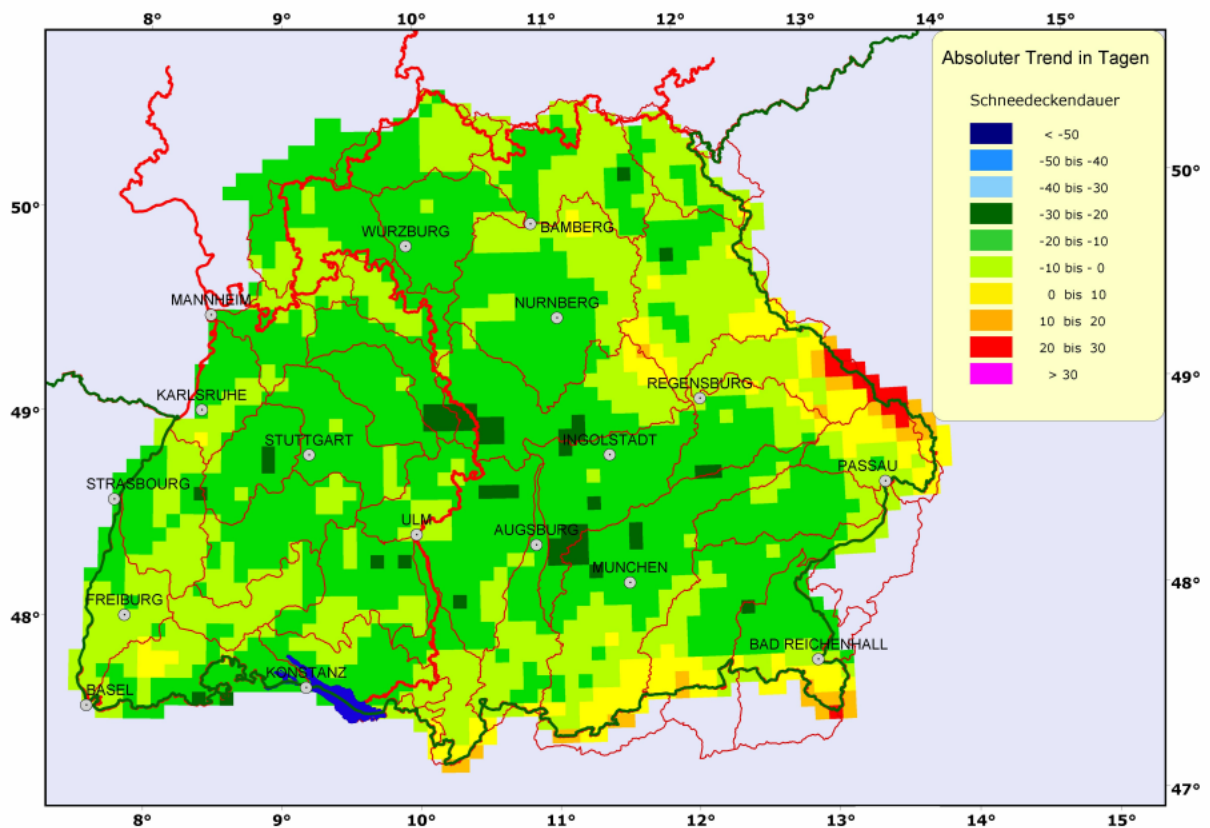


Abb. 6.2: Absoluter Trend der mittleren Schneedeckendauer (in Tagen)  
Reihe 1951/52 bis 1995/96

Für die vorgesehenen Untersuchungen ist jedoch nur die erste Bedingung hinreichend zu erfüllen. Das Hauptaugenmerk wird sich deshalb vor allem auf die regionalen Besonderheiten der Langfriständerungen der Schneedeckendauer konzentrieren. Die Abb. 6.2 zeigt in flächenhafter Übersicht diese Änderungen (absoluter Trend der Schneedeckendauer, ausgedrückt in Tagen) für alle Raster in Baden-Württemberg und Bayern.

Die Regionalisierung wurde nach der im Kapitel 5.3 beschriebenen Methodik durchgeführt. Das Untersuchungsgebiet enthält insgesamt 2139 Rasterflächen. Der Rasterabstand beträgt breitenparallel  $\Delta\lambda = 6'$  und längenparallel  $\Delta\phi = 4'$ .

Bezüge zwischen Trendverhalten und Orographie sind nicht zu übersehen. Während sich die Abnahme der Schneedeckendauer (negativer Trend) vor allem auf die unteren Lagen (unterhalb 300 m ü. NN) des Gebietes konzentriert, schwächt sich diese Tendenz mit zunehmender Geländehöhe ab. Zum Teil tritt auch eine Trendumkehr in

den Kamm- und Gipfellagen auf. Die positiven Trendwerte konzentrieren sich vor allem auf den östlichen Teil des Untersuchungsgebietes, auf den Bayerischen Wald und den westlichen Böhmerwald sowie in abgeschwächten Werten auch auf den höhergelegenen Alpenteil. Diese positiven Trendwerte sind jedoch alle nicht signifikant.

Der relative Trend, berechnet aus dem absoluten Trend und der mittleren Schneedeckendauer ( $rT = Tr / \bar{A}$ ), berücksichtigt die Abnahme bzw. Zunahme der Schneedeckendauer in Bezug zum mittleren Andauerverhalten. So können die regional unterschiedlichen Auswirkungen der eingetretenen Veränderungen des Schneedeckenregimes mit Hilfe des relativen Trends wesentlich besser analysiert werden. Diese Feststellung gilt auch, wenngleich, insbesondere wegen der hohen Variabilität, eine markante Höhenabhängigkeit des relativen Trends in Baden-Württemberg und Bayern nicht deutlich zu erkennen ist. Dennoch ist die Abschwächung der negativen Trendwerte mit zunehmender Geländehöhe nicht zu übersehen (Abb. 6.3).

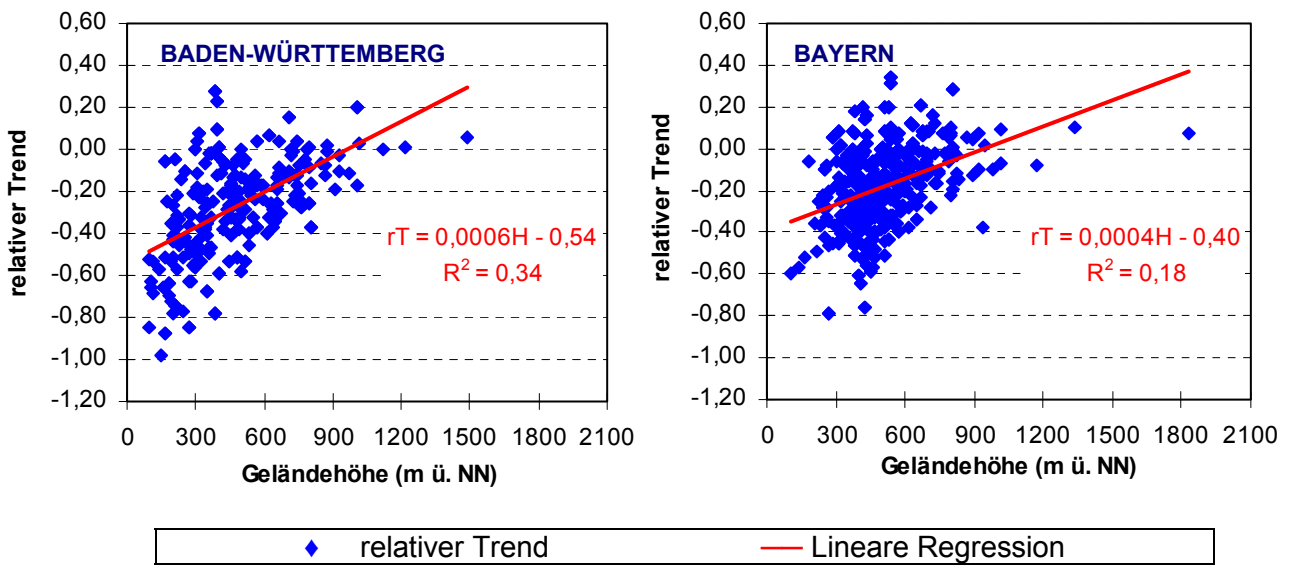


Abb. 6.3: Relativer Trend rT für die Schneedeckendauer in Abhängigkeit von der Geländehöhe H, Reihe 1951/52 bis 1995/96

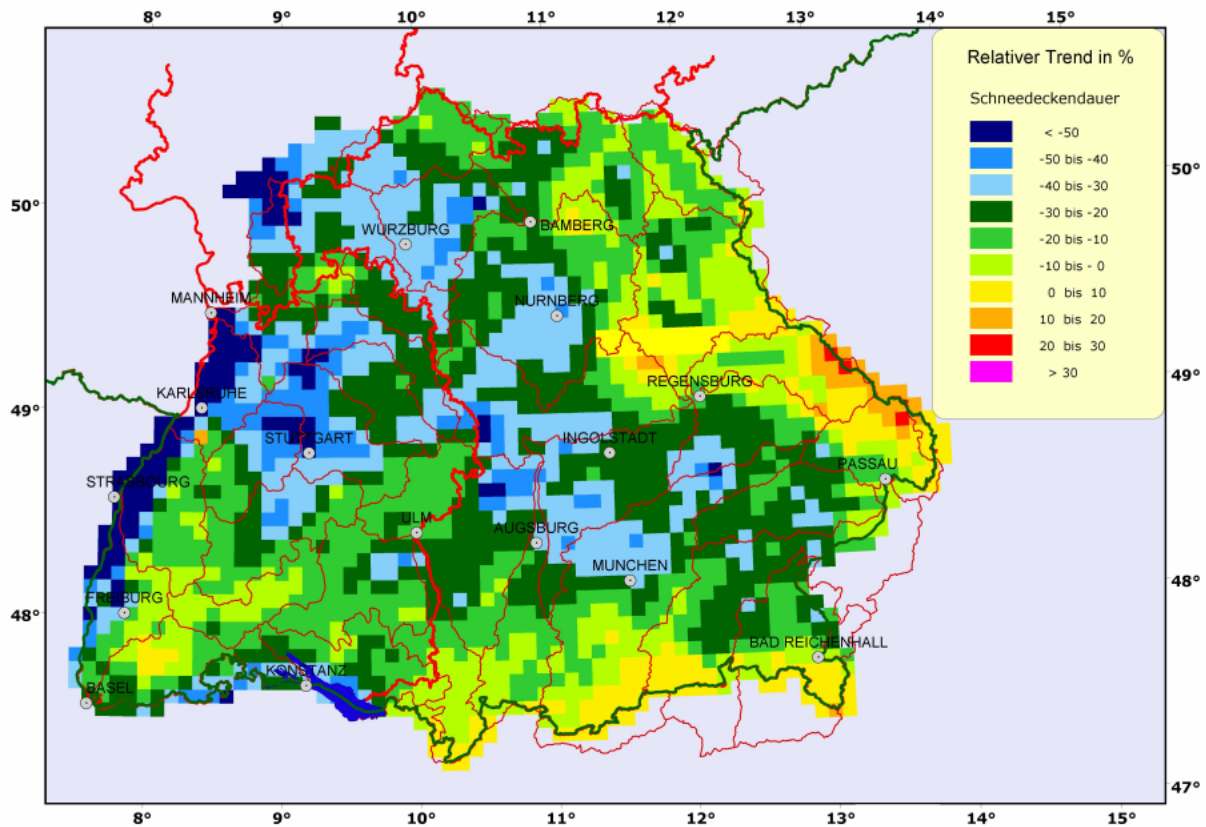


Abb. 6.4: Relativer Trend der mittleren Schneedeckendauer (in Prozent) Reihe 1951/52 bis 1995/96



In der Abb. 6.4 werden die Ergebnisse der Langzeituntersuchungen durch den relativen Trend für alle Raster dargestellt.

Für die mittlere Schneedeckendauer ergab die Analyse in der Bezugsperiode 1951/52 bis 1995/96 überwiegend, d. h. fast flächendeckend, einen Rückgang (negativer relativer Trend).

Der Rückgang beträgt in den tiefer liegenden Gebieten (< ca. 300 m ü. NN) 30 bis 40 % und mehr. In den mittleren Höhenlagen (zwischen 300 und 800 m ü. NN) verringert sich der Rückgang auf 10 bis 20 % und sinkt in den höher gelegenen Gebieten (> 800 m ü. NN) auf weniger als 10 % bzw. es kommt teilweise sogar zu einer leichten Zunahme der Schneedeckendauer.

In den östlichen Teilen des Untersuchungsgebietes verstärkt sich die Tendenz der Abschwächung des negativen Trends mit zunehmender Geländehöhe bis zur Trendumkehr (positiver Trend) in den höheren Lagen.

Ungeachtet der Tatsache, dass nur für eine kleine Zahl der verwendeten Datenreihen statistisch signifikante Trendwerte nachweisbar sind, kann aus dem flächendeckend übereinstimmenden Trendverhalten hinsichtlich Größenordnung und Trendrichtung die Existenz einer Veränderung als gesichert angenommen werden.

Neben den räumlichen Veränderungen der Schneedeckendauer, wie sie in Abb. 6.4 summiert über den gesamten Bezugszeitraum als Rasterkarte dargestellt wurden, ist auch die zeitabhängige Veränderlichkeit von Interesse.

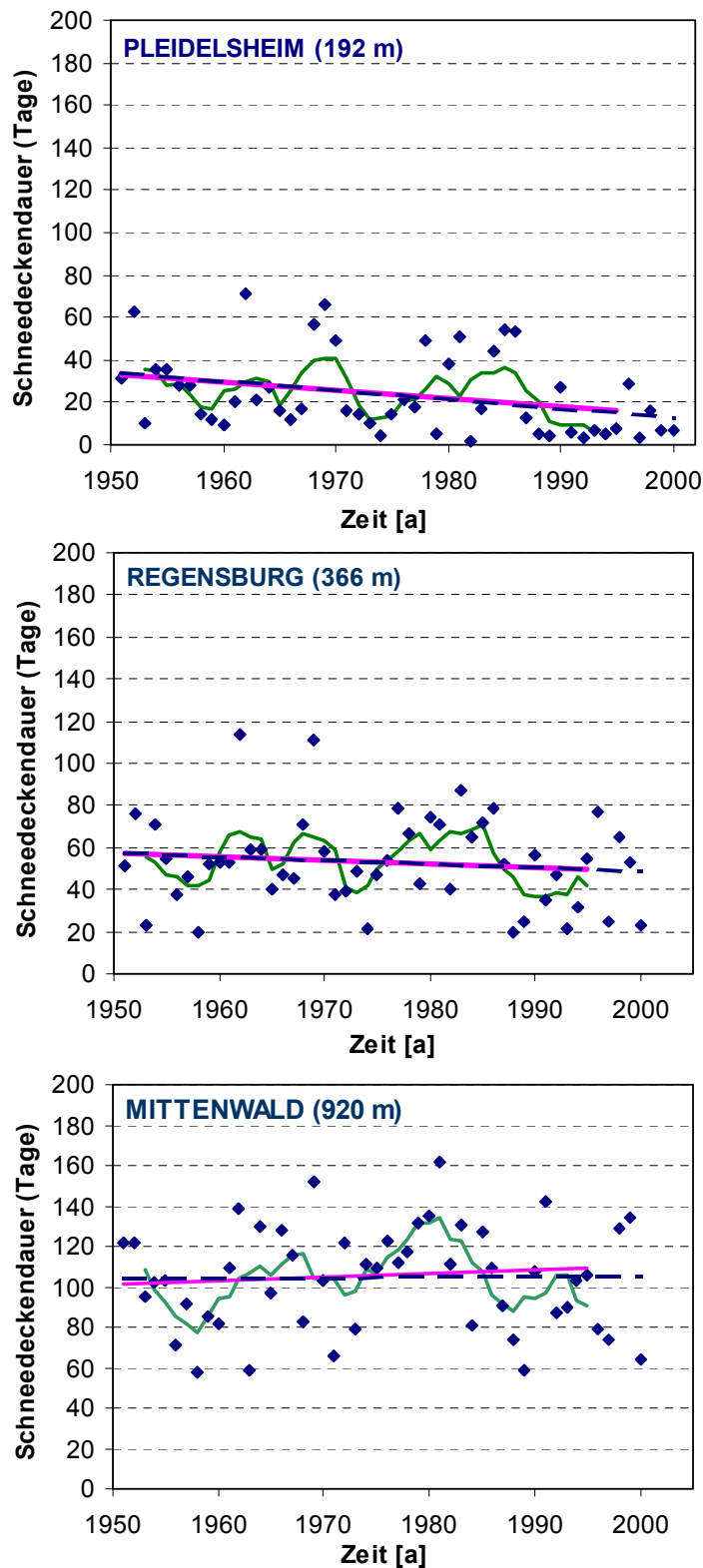
In Abb. 6.5 wurden daher Zeitreihen (Ganglinien) für ausgewählte Stationen, die für das Untersuchungsgebiet und die Höhenla-

gen repräsentativ sind, aufgezeichnet. Die bereits erwähnte große Veränderlichkeit der Beobachtungsdaten kommt auch in der Gangliniendarstellung zum Ausdruck. Die Schwankungen von Jahr zu Jahr müssen erst durch die übergreifende Mittelung geglättet werden, damit die charakteristischen Eigenheiten des langjährigen Verlaufs erkennbar werden.

Die Ganglinien der Stationen weisen einen nahezu synchronen Verlauf der "geglätteten" jährlichen Andauerwerte auf (5-jährig übergreifende Mittel). Die Minima liegen fast zeitgleich zwischen 1955/60, 1970/75 und um bzw. nach 1990. Die Maxima konzentrieren sich auf die Jahre zwischen 1960/70 und zwischen 1980/85.

Der vorherrschende Trend der Schneedeckendauer in den unterschiedlichen Höhenbereichen wird durch die ausgewählten Stationen gut dargestellt. Die im Neckartal liegende Tieflandstation Pleidelsheim hat einen sehr starken negativen Trend (Rückgang 18 Tage im 45-jährigen Zeitraum), der negative Trend an der Station Regensburg schwächt sich ab (8 Tage Rückgang) und oberhalb 800 m liegen die Werte oft im positiven Trendbereich (8 Tage Zunahme der Schneedeckendauer für Mittenwald in 920 m Geländehöhe).

Für diese drei Stationen wurde eine Verlängerung der Zeitreihen vorgenommen, d.h. es wurde die Schneedeckendauer auch für die Winterhalbjahre 1996/97 bis 2000/01 zur Untersuchung herangezogen. Der Trend verändert sich dadurch nur geringfügig (blaue Linie in Abb. 6.5), da eine große Streuung auch in diesen Jahren charakteristisch ist. Die Tendenz zu schneeärmeren Wintern ist jedoch erkennbar und wird durch die folgenden Winter bis zum Winterhalbjahr 2003/04 noch weiter bestätigt werden können.



◆ Schneedeckendauer    — 5jähr. gleit. Mittel    — Linearer Trend 1951/52-1995/96  
 — Linearer Trend 1951/52-2000/01

Abb. 6.5: Ganglinien der Schneedeckendauer für die Winterhalbjahre 1951/52 bis 2000/01 (in Tagen)



## 6.2 Schneedeckenzeit

Die mittlere Schneedeckenzeit (Zeitspanne zwischen erstem und letztem Schneedeckentag eines Winterhalbjahres einschließlich schneedeckenfreier Tage) ist ebenso wie die Schneedeckendauer sehr stark von der Geländehöhe abhängig. Für die Regionen des Untersuchungsgebietes kann im langjährigen Mittel eine Verlängerung der

Schneedeckenzeit zwischen 12 und 16 Tage für je 100 m zunehmende Geländehöhe angesetzt werden (vgl. auch Abb. 6.6). Die Zusammenfassung in Tabelle 6.2 soll einen Eindruck von den regionalen Unterschieden vermitteln. Sie enthält die Ergebnisse der Regressionsanalyse. Die regionale Verteilung des absoluten und relativen Trends der Schneedeckenzeit wird in Abb. 6.7 und 6.8 dargestellt.

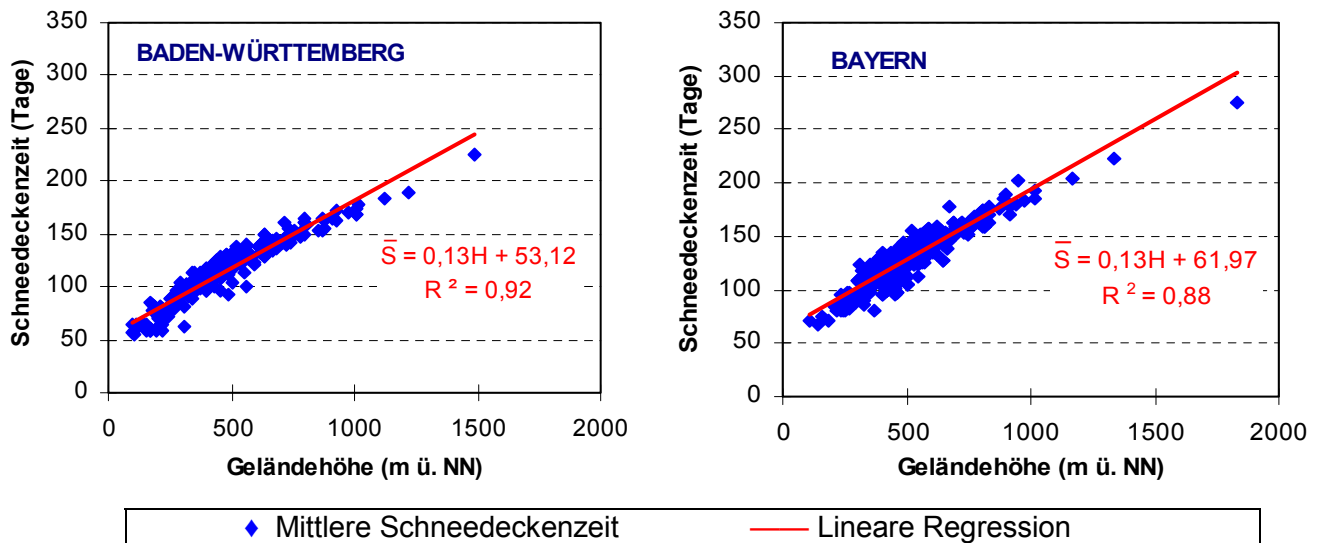


Abb. 6.6: Mittlere Dauer der Schneedeckenzeit  $\bar{S}$  in Abhängigkeit von der Geländehöhe  $H$ , Reihe 1951/52 bis 1995/96

Gebiet	Anzahl Stationen <sup>1)</sup>	Regressionsgleichung	Korrelation R
Baden-Württemberg	211	$\bar{S} = 0,13 H + 53,1$	0,96
Donauoberlauf/Bodensee	44	$\bar{S} = 0,13 H + 53,8$	0,88
Oberrhein/Schwarzwald	41	$\bar{S} = 0,13 H + 49,5$	0,97
Neckar/West	55	$\bar{S} = 0,13 H + 51,3$	0,97
Neckar/Ost	77	$\bar{S} = 0,15 H + 46,0$	0,96
Bayern	322	$\bar{S} = 0,13 H + 62,0$	0,94
Alpen/Ost	99	$\bar{S} = 0,12 H + 70,5$	0,95
Alpen /West	92	$\bar{S} = 0,14 H + 54,4$	0,93
Franken	75	$\bar{S} = 0,16 H + 48,4$	0,94
Waldgebirge	59	$\bar{S} = 0,10 H + 80,9$	0,90

1) Die abweichende Gesamtzahl der Stationen in den Teilgebieten ergibt sich durch die doppelte Verwendung von Stationen im Bereich der Einzugsgebietsgrenzen für Gipfel- und Kammlagen.

Anmerkung: Gebietseinteilung siehe Abb. 3.1 und Kapitel 3.2.

Tabelle 6.2: Abhängigkeit der mittleren Schneedeckenzeit  $\bar{S}$  von der Geländehöhe  $H$  Reihe 1951/52 bis 1995/96

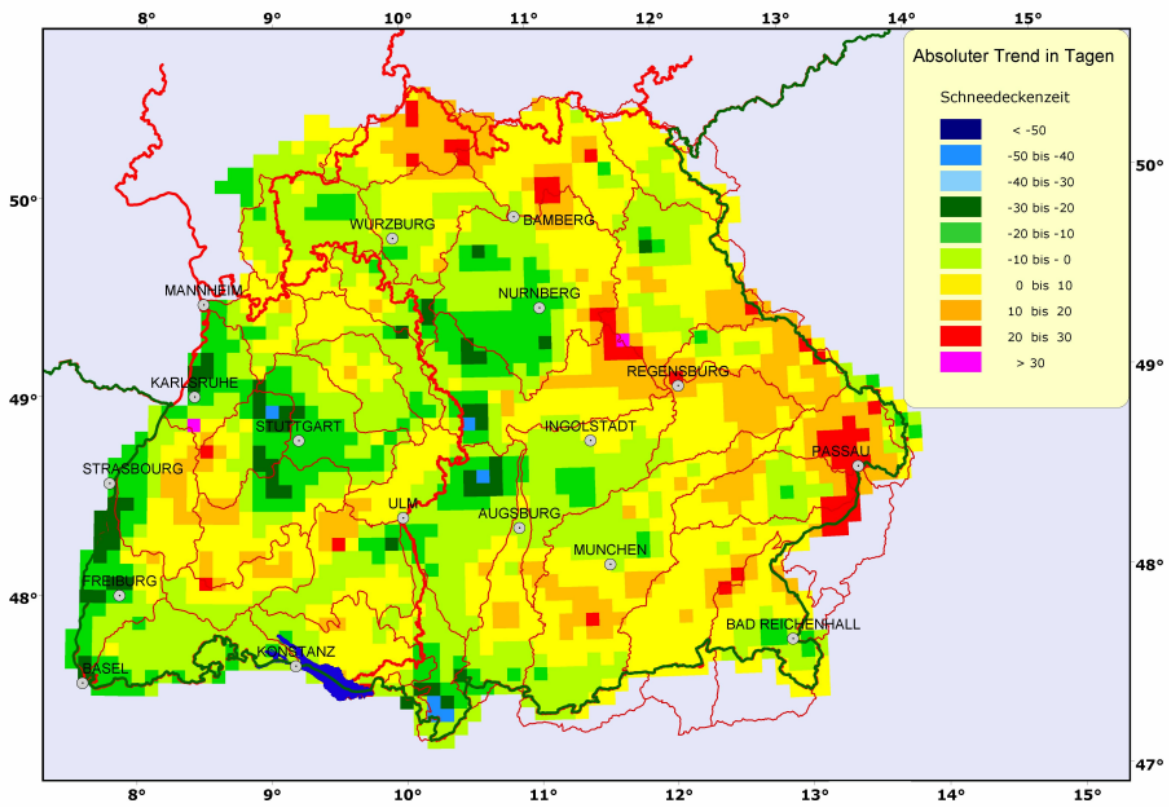


Abb. 6.7: Absoluter Trend der mittleren Dauer der Schneedeckenzzeit (in Tagen) Reihe 1951/52 bis 1995/96

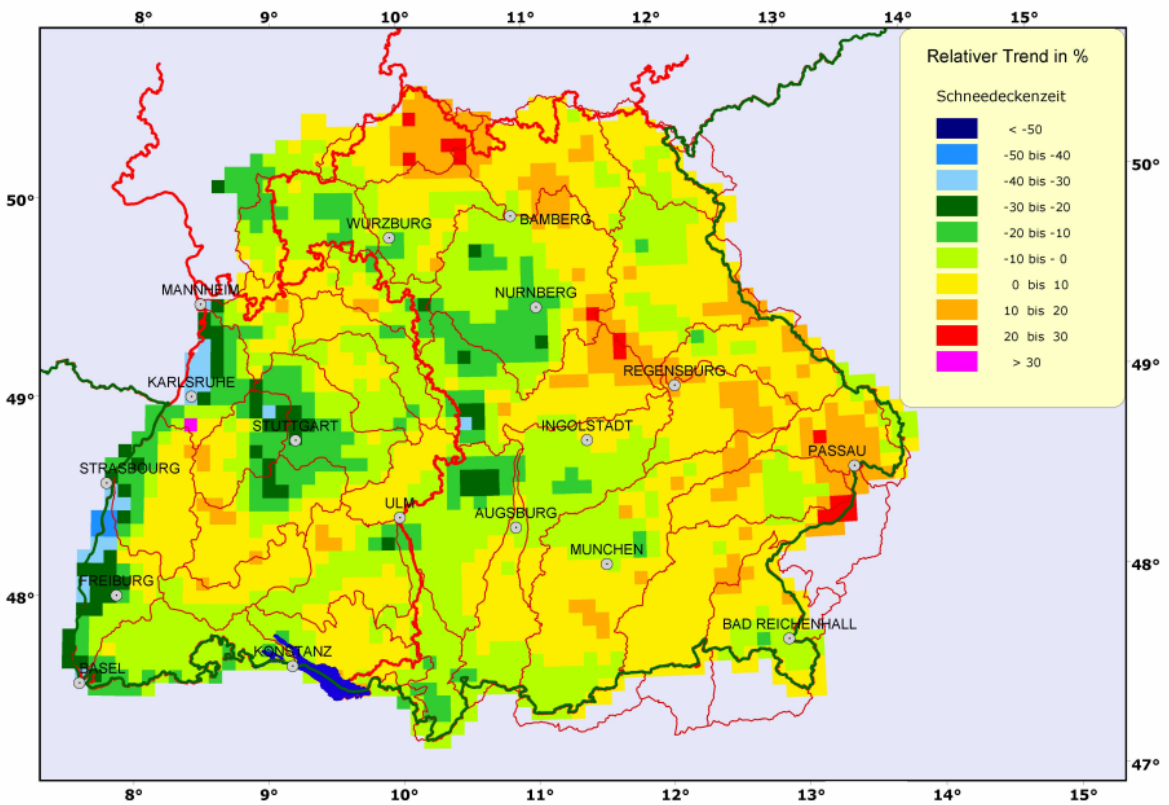


Abb. 6.8: Relativer Trend der mittleren Dauer der Schneedeckenzzeit (in Prozent) Reihe 1951/52 bis 1995/96

Auch für die Schneedeckenzzeit ist eine große Veränderlichkeit in Raum und Zeit charakteristisch. Sie ist aber, wie für alle übrigen Schneedeckenparameter, ebenfalls in hohem Maße eine Funktion der Geländehöhe.

Im Vergleich zu den Ergebnissen für die Schneedeckendauer (und auch zu den Größen Winterdecke und Datum der maximalen Schneedeckenhöhe, siehe folgende Kapitel 6.3 und 6.4) weist die Trendanalyse der Schneedeckenzzeit Besonderheiten auf. Große Anteile des Untersuchungsgebietes haben einen positiven Trend; vor allem im Südosten des Bayerischen Waldes und im Norden der Fränkischen Alb erhöht sich die Schneedeckenzzeit im Untersuchungszeitraum um bis zu 30 Tage. Fast zwei Drittel (ca. 63 %) aller Trendwerte haben ein positives Vorzeichen, wengleich davon nur ca. 12 % signifikant (Mann/Kendall) sind.

Eine Erklärung dafür könnte die Zunahme extremerer Wetterbedingungen sein, d. h. Schneefallereignisse können bereits im frühen Herbst bzw. bis in den Frühling hinein auftreten, ohne dass sich die Schneedecke über den gesamten Winter erstreckt (da die Schneedeckenzzeit auch die Tage ohne

Schneedecke einschließt). Eine trendbeeinflussende Verlängerung der Schneedeckenzzeit in Süddeutschland dürfte auch mit dem Rückgang der Monatsmitteltemperaturen des April zusammenhängen [1].

### 6.3 Winterdecke (längste Schneedeckenperiode)

Als Winterdecke wird die längste Schneedeckenperiode eines Winterhalbjahres bezeichnet. Auch für diese Größe gilt, wie für die zuvor untersuchten Schneedeckenparameter, eine ausgeprägte Abhängigkeit von der Geländehöhe (Abb. 6.9). Die regionalen Unterschiede dieser Beziehung zwischen mittlerer Dauer der Winterdecke ( $\bar{W}$ ), gerechnet in Tagen, von der Geländehöhe ( $H$ ) in m ü. NN können der Zusammenstellung der Regressionsgleichungen entnommen werden (Tabelle 6.3).

Die Variabilität der Dauer der Winterdecke nimmt, wie für die anderen Größen beobachtet, ebenfalls mit zunehmender Geländehöhe ab, jedoch vollzieht sich die Abnahme sehr zögerlich. Die Winterdecke weist von allen untersuchten Schneedeckenparametern die größte Variabilität auf.

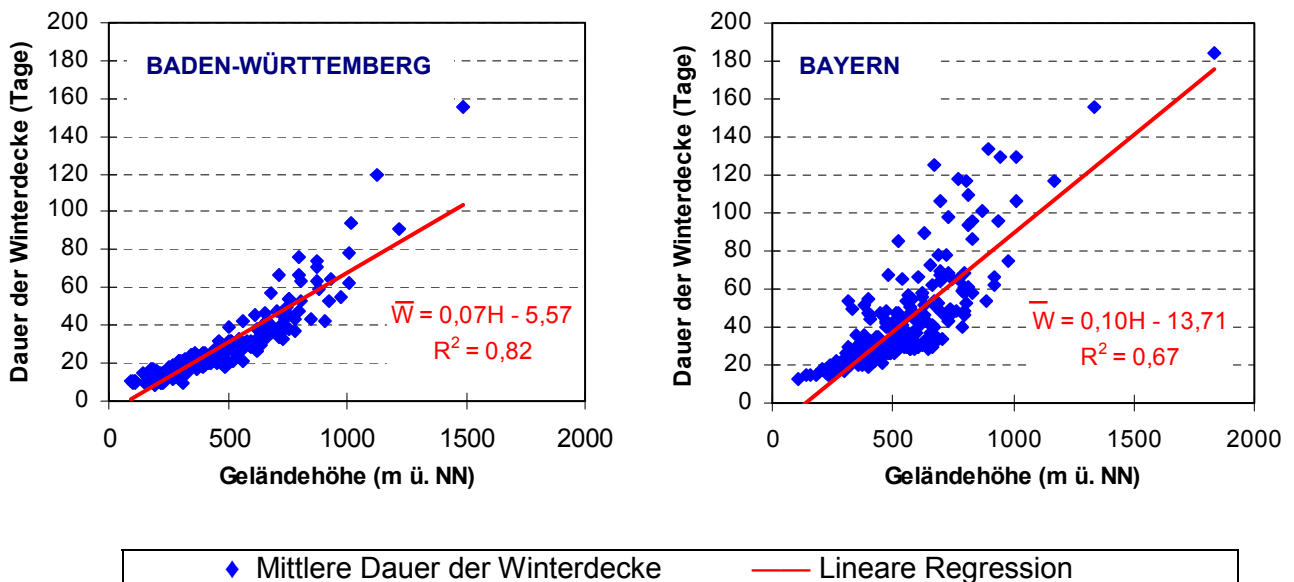


Abb. 6.9: Mittlere Dauer der Winterdecke  $\bar{W}$  in Abhängigkeit von der Geländehöhe  $H$  Reihe 1951/52 bis 1995/96



Gebiet	Anzahl Stationen <sup>1)</sup>	Regressionsgleichung	Korrelation R
Baden-Württemberg	211	$\bar{W} = 0,07 H - 5,6$	0,91
Donauoberlauf/Bodensee	44	$\bar{W} = 0,08 H - 12,2$	0,81
Oberrhein/Schwarzwald	41	$\bar{W} = 0,10 H - 14,5$	0,95
Neckar/West	55	$\bar{W} = 0,06 H + 0,3$	0,91
Neckar/Ost	77	$\bar{W} = 0,04 H + 5,7$	0,93
Bayern	322	$\bar{W} = 0,10 H - 13,7$	0,82
Alpen/Ost	99	$\bar{W} = 0,11 H - 17,3$	0,82
Alpen/West	92	$\bar{W} = 0,10 H - 19,6$	0,86
Franken	75	$\bar{W} = 0,10 H - 11,2$	0,86
Waldgebirge	59	$\bar{W} = 0,14 H - 24,5$	0,86

1) Die abweichende Gesamtzahl der Stationen in den Teilgebieten ergibt sich durch die doppelte Verwendung von Stationen im Bereich der Einzugsgebietsgrenzen für Gipfel- und Kammlagen.

Anmerkung: Gebietseinteilung siehe Abb. 3.1 und Kapitel 3.2.

Tabelle 6.3: Abhängigkeit der mittleren Dauer der Winterdecke  $\bar{W}$  von der Geländehöhe H, Reihe 1951/52 bis 1995/96

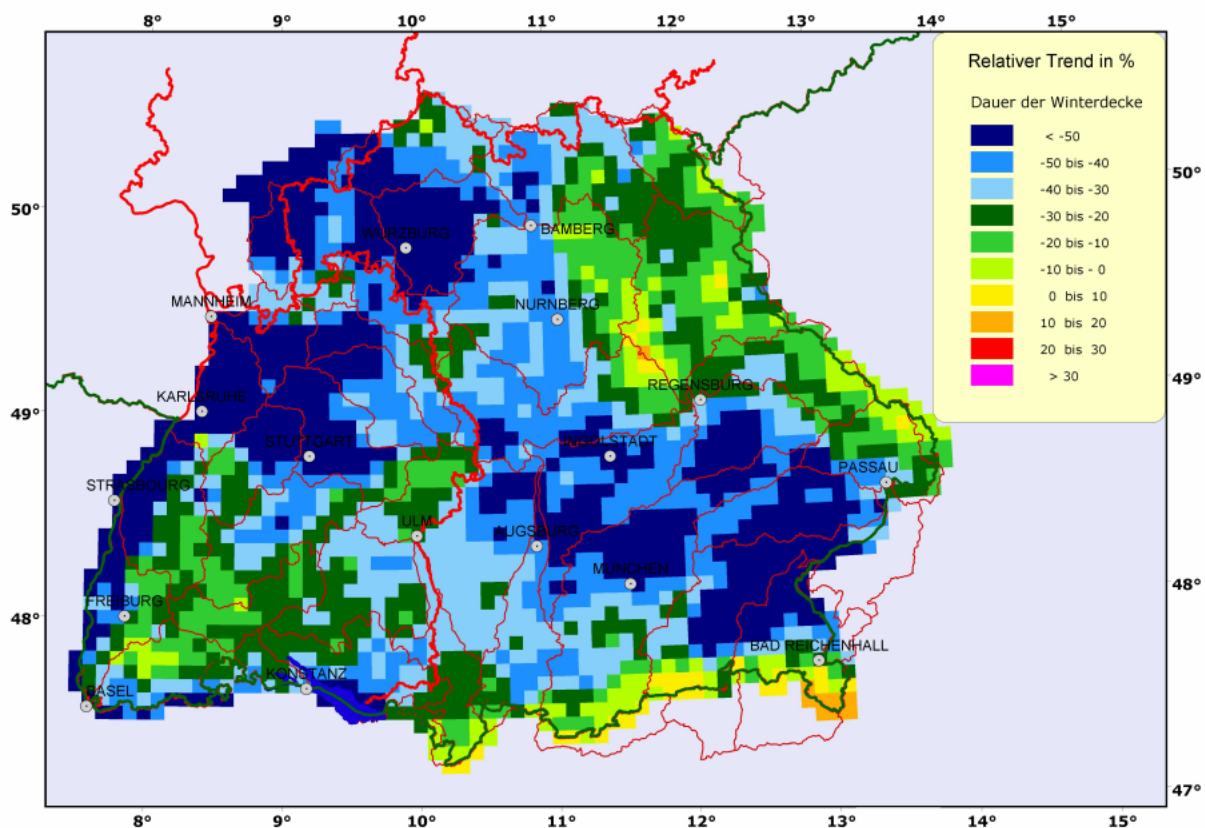


Abb. 6.10: Relativer Trend der Dauer der Winterdecke (in Prozent) Reihe 1951/52 bis 1995/96

Von einigen eng begrenzten Stellen abgesehen, ist das Trendverhalten flächendeckend "negativ", d. h. es sind im Langfrist-

verhalten Rückgänge für die Dauer der Winterdecke zu verzeichnen. Die Darstellung des relativen Trends (Abb. 6.10) zeigt

großflächig Abnahmen im gesamten Untersuchungsgebiet von zum Teil mehr als - 40 %. Nur im höher gelegenen Teil des Gebietes schwächt sich der negative Trend ab, bzw. es tritt eine Trendumkehr ein, so in den Alpen, der Fränkischen Alb bzw. im Bereich des Bayerischen Waldes / des Oberpfälzer Waldes und im Norden der Fränkischen Alb und des Schwarzwaldes.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass die Befunde zum Verhalten der Winterdecke, auch unter Berücksichtigung der in den vorausgegangenen Kapiteln beschriebenen Ergebnisse, Rückschlüsse auf Veränderungen der Charakteristik der Winterperioden im Bezugszeitraum zulassen.

Zweifelsfrei ist der Trend zu schneeärmeren Wintern mit weniger dauerhaften Schneedecken erkennbar. Die Winterdecke ist von allen bislang untersuchten Andauerparametern als besonders aussagekräftige Größe zur Beschreibung dieser Sachverhalte anzusprechen. Gerade sie erfährt im Bezugszeitraum, bis in die oberen Höhenlagen reichend, außerordentliche Rückgänge. Bezogen auf die Mittelwerte des Untersuchungszeitraumes sind die Einbußen mit 20 % bis 60 % zu beziffern. Hierin wird u. a. eine Bestätigung des in der Literatur beschriebenen Trends zu "kernlosen" Wintern gesehen [27].

#### **6.4 Datum der maximalen Schneedeckenhöhe**

Das Eintrittsdatum der maximalen Schneedeckenhöhe stimmt im allgemeinen nicht mit dem Datum des maximalen Wertes des Wasseräquivalents überein (siehe hierzu auch Kapitel 6.7). Da aber entsprechende detaillierte Informationen für das Wasseräquivalent nicht vorhanden sind, kann in guter Näherung davon ausgegangen werden, dass das Datum für die maximale Schneedeckenhöhe die Aufbauphase der Schneedecke von der Abbauphase trennt. Vereinfacht ausgedrückt wird dabei die Aufbauphase als die Zeitspanne zwischen dem Auftreten der ersten Schneedecke bis zu deren maximaler Höhe angesehen. Die Abbauphase reicht dann von diesem Termin

bis zum Datum der letzten Schneedecke (vgl. auch Kapitel 6.2).

Des Weiteren muss vereinfachend angenommen werden, dass bei mehrfachem Erreichen des Maximalwertes oder bei mehrtägiger Andauer des Höchstwertes generell das erste Eintrittsdatum gezählt wird.

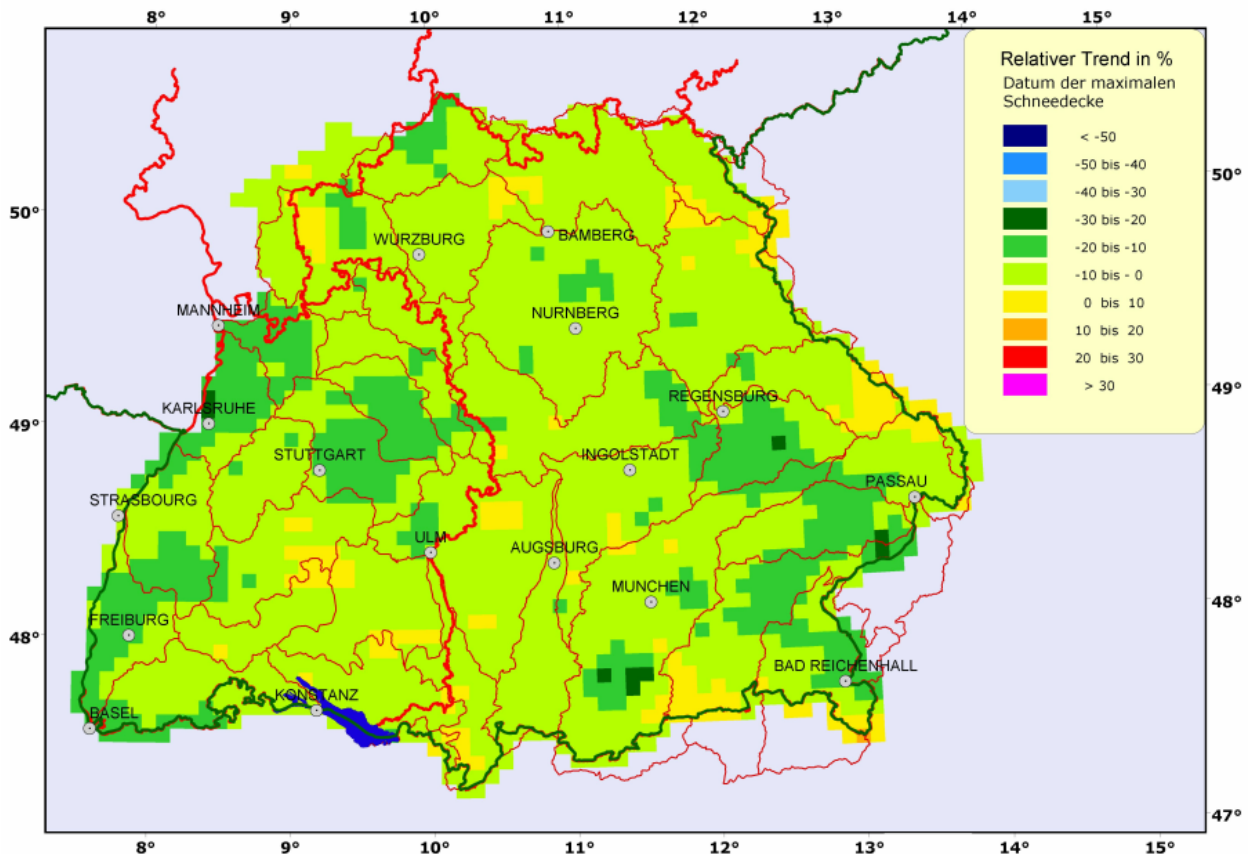
Die zeitliche Dauer der beiden Phasen (Aufbau/Abbau) und damit auch das Verhältnis der Phasenlängen zueinander ist von der Geländehöhe abhängig. In den mittleren Höhenlagen der Gebirge sind beide Phasen im Mittel etwa gleich lang, d. h. der Quotient erreicht näherungsweise den Wert 1. Erst in den höheren Lagen, in den Gipfel- und Kammlagen ändert sich das Verhältnis zugunsten der Länge der Aufbauphase [10].

Untersuchungen zur Höhenabhängigkeit des Datums der maximalen Schneedeckenhöhe zeigen, dass sich dieses Eintrittsdatum im Mittel um ca. 2 Tage je 100 m Höhenzunahme verschiebt (verspätet).

Als Folge der von der Geländehöhe abhängigen Verschiebung des Eintrittsdatums wird der Kulminationspunkt der Schneedeckenentwicklung in großen Höhenlagen (> 1000 m ü. NN) z. T. erst im Spätwinter erreicht. Für die hier untersuchten Mittelgebirgsregionen mit überwiegend relativ geringen Höhenunterschieden sind die genannten Zusammenhänge nur andeutungsweise zu erkennen.

Die langfristigen Änderungen des Eintrittsdatums der maximalen Schneedeckenhöhe einschließlich des Verhältnisses zwischen der Länge der Aufbau- und der Abbauphase der Schneedecke erlauben Rückschlüsse auf Veränderungen in der Dynamik der Schneedeckenentwicklung. Im Vergleich zu allen bisher untersuchten Parametern ist hervorzuheben, dass die Variabilität der betrachteten Größe nur gering ist (ca. 20 %) und dabei unabhängig von der Geländehöhe nahezu unverändert bleibt.





Anmerkung: Negative Werte – früherer Eintritt; positive Werte – späterer Eintritt

Abb. 6.11: Relativer Trend des mittleren Datums der maximalen Schneedeckenhöhe (in Prozent), Reihe 1951/52 bis 1995/96

Untersuchungen zum Langfristverhalten der Stationen im Zeitraum 1951 bis 1996 ergaben, dass von den 508 untersuchten Stationen mehr als 80 % einen negativen Trend aufweisen, d. h. es hat eine Vorverlegung des mittleren Datums der maximalen Schneedeckenhöhe stattgefunden.

Die regionale Verteilung des relativen Trends (Abb. 6.11) zeigt keine ausgeprägten Bezüge zur Höhenlage, vielmehr sind in der Darstellung eher standortbedingte Besonderheiten zu erkennen.

## 6.5 Beständigkeit der Schneedecke

Für die Beschreibung der "Erhaltungstendenz" der Schneedecke in Abhängigkeit von der Geländehöhe wurde von CONRAD und WINKLER [11] der Quotient aus Schneedeckendauer (A) und Schneedeckenzeit (S) verwendet. In der Folge wird diese Größe "Beständigkeit der Schneedecke" genannt (siehe auch Kapitel 3.3).

Abgesehen von regionalen Unterschieden für die deutschen Mittelgebirge und trotz einer hohen Variabilität ist generell eine Zunahme der Beständigkeit mit zunehmender Geländehöhe festzustellen (siehe hierzu [9] und [12]).

In der Tabelle 6.4 werden Angaben für die Schneedeckendauer (A) und die Schneedeckenzeit (S) mitgeteilt, die aus den an anderer Stelle (Kapitel 6.1 und 6.2) zitierten Regressionsbeziehungen abgeleitet wurden. Aus diesen Daten wurde dann die Beständigkeit (q) berechnet. Die Werte beziehen sich auf die Gebiete Baden-Württemberg und Bayern. Der Quotient q zeigt an, welcher (zeitliche) Anteil der Schneedeckenzeit im Mittel für eine bestimmte Höhenstufe im Untersuchungsgebiet Schneebedeckung aufweist (vgl. auch Kapitel 3.3).



		Baden-Württemberg									
Parameter der Schneedecke	Geländehöhe in m ü. NN										
	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1500	
Schneedeckendauer $\bar{A}$ (Tage)	21,7	32,5	43,3	54,1	64,9	75,7	86,5	97,3	108,1	162,1	
Schneedeckenzeit $\bar{S}$ (Tage)	78,7	91,5	104,3	117,1	129,9	142,7	155,5	168,3	181,1	240,6	
Beständigkeit $\bar{q}$	0,28	0,36	0,42	0,46	0,50	0,53	0,56	0,58	0,60	0,67	
		Bayern									
Parameter der Schneedecke	Geländehöhe in m ü. NN										
	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1500	
Schneedeckendauer $\bar{A}$ (Tage)	24,5	37,7	50,9	64,1	77,3	90,5	103,7	116,9	130,1	196,1	
Schneedeckenzeit $\bar{S}$ (Tage)	88,4	101,6	114,8	128,0	141,2	154,4	167,6	180,8	194,0	260,0	
Beständigkeit $\bar{q}$	0,28	0,37	0,44	0,50	0,55	0,59	0,62	0,65	0,67	0,75	

Tabelle 6.4: Größenangaben ausgewählter Schneedeckenparameter für verschiedene Geländehöhen, Reihe 1951/52 bis 1995/96

Im Bezugszeitraum 1951/52 bis 1995/96 hat die Beständigkeit fast flächendeckend deutlich abgenommen. Auch das entspricht einer Höherverschiebung des herrschenden Schneedeckenklimas. Besonders im Schwarzwald an den hochgelegenen Stationen über 1000 m und im Alpenraum, dort in Höhen > 700 m ü. NN, ist regional auch eine Zunahme zu verzeichnen. Nur insgesamt ca. 12 % aller Datenreihen weisen jedoch eine Zunahme aus. Bezogen auf die Mittelwerte des Bezugszeitraumes erreichen die Rückgänge überwiegend Beträge zwischen 20 % und 30 %, in den Höhenlagen > 600 m ü. NN abnehmend, mit Trendumkehr in den höheren Lagen.

Der Trend weist im Untersuchungsgebiet im Mittel eine nur schwach ausgeprägte Abhängigkeit von der Geländehöhe auf. Wie auch bereits bei allen bisher untersuchten Parametern ist eine große Streuung der Werte vorhanden.

## 6.6 Erhaltung der Winterdecke

Die Ergebnisse zur Beständigkeit der Schneedecke werden nachfolgend ergänzt durch Angaben zur "Erhaltung der Winterdecke". Diese Größe ( $\bar{q}$ ) ergibt sich aus dem Verhältnis zwischen Dauer der Winterdecke ( $\bar{W}$ ) und der Schneedecke ( $\bar{A}$ ).

		Baden-Württemberg									
Parameter der Schneedecke	Geländehöhe in m ü. NN										
	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1500	
Dauer der Winterdecke $\bar{W}$ (Tage)	9,0	16,3	23,6	30,9	38,2	45,5	52,8	60,1	67,4	103,9	
Erhaltung der Winterdecke $\bar{q}' = \bar{W} / \bar{A}$	0,41	0,50	0,55	0,57	0,59	0,60	0,61	0,62	0,62	0,64	
		Bayern									
Parameter der Schneedecke	Geländehöhe in m ü. NN										
	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1500	
Dauer der Winterdecke $\bar{W}$ (Tage)	6,9	17,2	27,5	37,8	48,1	58,4	68,7	79,0	89,3	140,8	
Erhaltung der Winterdecke $\bar{q}' = \bar{W} / \bar{A}$	0,28	0,46	0,54	0,59	0,62	0,65	0,66	0,68	0,69	0,72	

Tabelle 6.5: Größenangaben ausgewählter Schneedeckenparameter für verschiedene Geländehöhen, Reihe 1951/52 bis 1995/96



In gleicher Weise wie im vorausgegangenen Kapitel werden die benötigten Daten aus den entsprechenden Regressionsbeziehungen (Kapitel 6.1 und Kapitel 6.3) entnommen, aus denen der Quotient  $\bar{q}$  für das Gesamtgebiet berechnet wird. Der Quotient weist aus, welcher Anteil aller Schneedeckentage (Andauer) im Mittel für eine bestimmte Höhenstufe im Untersuchungsgebiet in einer Schneedeckenperiode konzentriert ist (vgl. auch Kapitel 3.3).

Im Trendverhalten wurde eine eindeutige Tendenz zu negativen Werten (Abnahme der Erhaltungsneigung) festgestellt. Wenngleich auch für die Erhaltung der Winterdecke die abgeleiteten Trendwerte überwiegend nicht signifikant sind, passen sie hinsichtlich ihrer Tendenz widerspruchsfrei in das Gesamtbild der Trendanalyse. Im Vergleich zur Beständigkeit, für die andeutungsweise noch eine schwach ausgeprägte Abhängigkeit von der Geländehöhe erkennbar ist, ist für die Erhaltung der Winterdecke keine Höhenabhängigkeit des Trends feststellbar.

### 6.7 Langzeitverhalten der Mittel- und Extremwerte des Wasseräquivalents

In den vorausgehenden Kapiteln wurde das Andauerverhalten der Schneedecke ausführlich behandelt. Diese Informationen sind für viele Bereiche der Gesellschaft von großer Bedeutung. Für die Hydrologie und die Wasserwirtschaft sind darüber hinaus aber auch Aussagen zum Wasseräquivalent der Schneedecke unverzichtbar.

Im Kapitel 4 wurden bereits die Einschränkungen genannt, die bei der Bearbeitung der Daten des Wasseräquivalents zu beachten sind. Um aussagefähiges und vergleichbares, vor allem vollständiges Datenmaterial zu erlangen, wird im folgenden nach der dort beschriebenen Vorgehensweise verfahren.

Die Tabelle in der Anlage 4 enthält eine Zusammenfassung der aus Messwerten abgeleiteten Angaben zum Extremverhalten

des Wasseräquivalents der Schneedecke. Hinzu kommen noch die aus Modellrechnungen (SNOW-K) gewonnenen Vergleichsdaten.

Der Tabelle kann entnommen werden, dass nur eine geringe Anzahl auf Messwerten beruhender Datenreihen verfügbar ist. Eine regional gegliederte Betrachtung, etwa entsprechend den 8 ausgewiesenen Teilgebieten, ist deshalb nicht möglich. Es wird vielmehr eine das gesamte verfügbare Datenkollektiv umfassende Auswertung vorgenommen, um auf der Grundlage der z. Z. verfügbaren Daten statistisch gesicherte Beziehungen zwischen den Messwerten des Wasseräquivalents, der Schneedeckenhöhe und den simulierten Daten des Wasseräquivalents zu erstellen. Die Ergebnisse sind aus der Anlage 4 ersichtlich.

Wie für alle zuvor genannten Schneedeckenparameter (Kapitel 6.1 bis 6.6) gelten auch für das Wasseräquivalent und sein Extremverhalten sowie für die maximalen Schneedeckenhöhen ausgeprägte Abhängigkeiten von der Geländehöhe (siehe Abb. 6.12).

In der Darstellung des Zusammenhangs zwischen gemessenen und berechneten maximalen Wasseräquivalenten wird die Übereinstimmung von gemessenen und berechneten Werten deutlich (Abb. 6.13). Die ermittelten Korrelationskoeffizienten erreichen erstaunlich hohe Werte nahe 1,0!

Ebenso ist aber auch die hohe räumliche und zeitliche Variabilität zu beachten. Generell ist deshalb auf die eingeschränkte Ergebnissicherheit, insbesondere für die regionale Verteilung, hinzuweisen. Im Gegensatz zu den Aussagen für das Andauerverhalten stützen sich die Ergebnisse zum Wasseräquivalent lediglich auf 60 aus Messwerten abgeleitete Datenreihen im Untersuchungsgebiet. Eine Analyse der Unsicherheiten sollte späteren Betrachtungen, bei Vorliegen umfangreicheren Materials, vorbehalten bleiben.

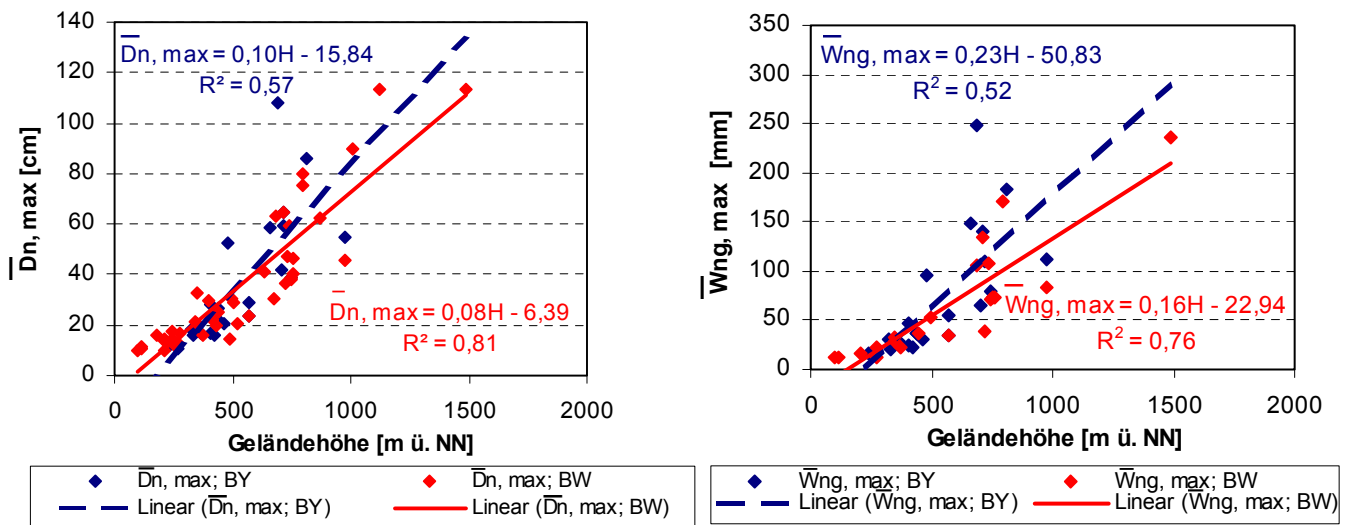


Abb. 6.12: Abhängigkeit der mittleren Maximalwerte der Schneedeckenhöhe ( $\bar{D}n, \max$ ) und des gemessenen Wasseräquivalents ( $\bar{W}ng, \max$ ) von der Geländehöhe  $H$ , für Baden-Württemberg (BW) und Bayern (BY), Reihe 1951/52 bis 1995/96

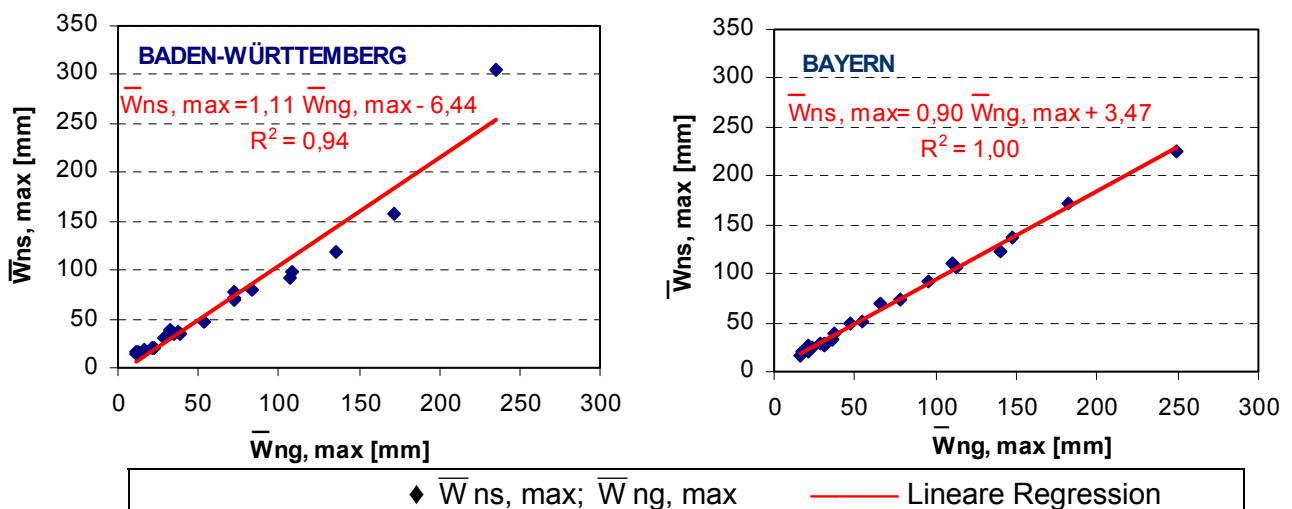


Abb. 6.13: Beziehung zwischen gemessenen ( $\bar{W}ng, \max$ ) und simulierten ( $\bar{W}ns, \max$ ) mittleren Maximalwerten des Wasseräquivalents, Reihe 1951/52 bis 1995/96

Nachfolgend werden verschiedene Beziehungen zwischen Messwerten und simulierten Daten hergestellt, um die Möglichkeiten einer auf Modellrechnungen basierenden Harmonisierung des Datenmaterials und einer Erweiterung seines Informationsgehalts zu prüfen. Die in der Anlage 4 mitgeteilten Größen werden dabei einer detaillierteren Betrachtung unterzogen (es wurden nur die Stationen mit vollständigen gemessenen Datenreihen verwendet).

Die mittlere maximale Schneedeckenhöhe ( $\bar{D}n, \max$ ) nimmt bei der Ableitung von Beziehungen zwischen den vorhandenen Messwerten und Ergebnissen der Modellrechnungen eine besondere Stellung ein, da sie auf vollständige Datenreihen zurückgeführt werden kann.

Die aus dem Verhältnis  $\bar{W}ng, \max / \bar{D}n, \max$  bzw. aus  $\bar{W}ns, \max / \bar{D}n, \max$  berechneten Quotienten bieten eine gute Grundlage für die Ergänzung lückenhafter Datenreihen. Dabei wird vorerst davon aus-



gegangen, dass die für mittlere Verhältnisse geltenden Quotienten auch für alle Einzelperioden zutreffend sind. Der Vollständigkeit wegen ist auf das Verhältnis zwischen Messwerten ( $\overline{W_{ng, max}}$ ) und simulierten Werten ( $\overline{W_{ns, max}}$ ) des Wasseräquivalents hinzuweisen. Die Quotienten beziehen sich auf übereinstimmende Zeitabschnitte der Bezugsperiode. Das sind maximal 45 Jahre, in manchen Fällen aber weniger. Aus diesem Grunde sind die Werte mit geringen Einschränkungen vergleichbar.

In den tieferen Lagen werden die Messwerte im Mittel von den simulierten Werten beträchtlich übertroffen. Der Grund liegt darin, dass in allen Winterperioden, in denen die (maximale) Schneedeckenhöhe den vorgegebenen Schwellenwert von 5 cm

nicht erreicht, keine Messung des Wasseräquivalents erfolgt. Dieser Fall trat für die unteren Lagen des Gebietes besonders im letzten Jahrzehnt des Bezugszeitraums häufiger auf. Diese Jahre gehen mit dem "Gewicht" Null in die Rechnung ein. Zudem ist es wahrscheinlich, dass wegen der großen zeitlichen Veränderlichkeit der Schneedecke, - besonders in den tieferen Lagen -, und der diskontinuierlichen Messung des Wasseräquivalents, die tatsächlichen Höchstwerte nicht immer erfasst werden.

Auf Grund der kontinuierlichen Simulation der Schneedeckenentwicklung treffen die genannten Nachteile, die aus der Messung für das statistische Mittel folgen, auf die Modellergebnisse nicht zu.

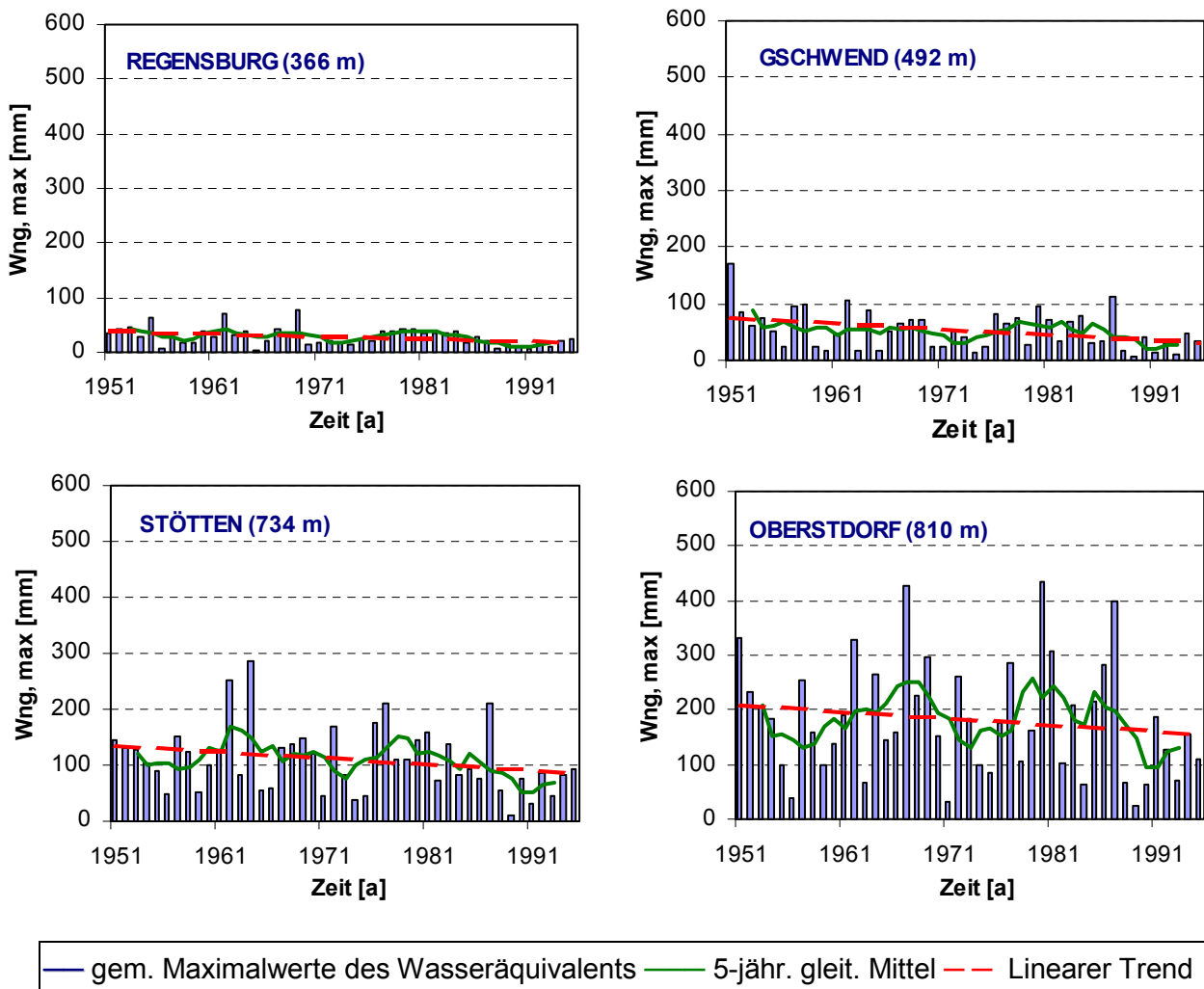


Abb. 6.14: Gemessene Maximalwerte des Wasseräquivalents  $W_{ng, max}$  Reihe 1951/52 bis 1995/96

Zur Veranschaulichung des Langzeitverhaltens, insbesondere der Veränderungen (Trend) im Bezugszeitraum, wurden für ausgewählte Stationen die Zeitreihen des gemessenen maximalen Wasseräquivalents dargestellt (Abb. 6.14, fehlende Daten wurden ergänzt).

Diese Abbildungen bestätigen die Ergebnisse für die bereits betrachteten Schneedeckenparameter. Wenngleich die Maximalwerte des Wasseräquivalents für die Beurteilung des Wasserhaushalts der Schneedecke nur bedingt repräsentativ sind, muss festgestellt werden, dass die im Bezugszeitraum eingetretenen Rückgänge der Maximalwerte des Wasseräquivalents, überwiegend zwischen 25 % und 60 %, besondere Aufmerksamkeit verdienen (vgl. hierzu auch Kapitel 7).

## **6.8 Erarbeitung und Bereitstellung von langen Reihen des Niederschlagsdargebots**

Im Winterhalbjahr muss bei hydrologischen Analysen der Einfluss der Schneedecke auf den Wasserhaushalt berücksichtigt werden. Bleibt die Schneedecke über einen längeren Zeitraum erhalten, kann dies dazu führen, dass die gemessenen Niederschläge erst nach längerer Zeit (bis zu Monaten) zum Abfluss kommen. Die Schneedeckenperioden können quasi als "Trockenperioden" betrachtet werden, mit allen Konsequenzen für das Abflussgeschehen.

Das Niederschlagsdargebot, definiert als Summe der Wasserabgabe aus der Schneedecke und Regen, berücksichtigt die zeitliche Verzögerung und die veränderte Intensität, mit der die Größe Niederschlag durch den Entwicklungsgang der Schneedecke hydrologisch wirksam wird. Bei Schneeschmelze ohne gleichzeitigem Regen ist das Niederschlagsdargebot mit der Wasserabgabe aus der Schneedecke identisch.

Besonders für die Analyse der Entstehung von Hochwasser wurde mit dem Modell SNOW-K (Beschreibung siehe Kapitel 4.1) das Niederschlagsdargebot (Summe aus

Regen und Schmelzwasserabgabe aus der Schneedecke) berechnet.

Dafür sind die in Kapitel 4.1 genannten Klimadaten erforderlich. Für das Gebiet Baden-Württemberg und Bayern standen im Zeitraum 1951-1997 fast 400 Klimastationen mit Datenreihen zur Verfügung, die aber z. T. über einen erheblichen Zeitraum ergänzt werden mussten. Diese Ergänzung erfolgte durch Regressionsbeziehungen anhand von repräsentativen Stationen, die sowohl von der Entfernung als auch von der Geländehöhe und den regionalen Besonderheiten als vergleichbar angesehen wurden.

Eine Verwendung von ergänzten Klimadaten über einen längeren Zeitraum für die Simulation der Schneedeckenentwicklung kann nur dann erfolgen, wenn die ermittelten Simulationsergebnisse der Schneedecke anhand einer vergleichbaren Station kontrolliert werden können. Da sich der Niederschlag in der Schneedecke speichern kann und z. T. über mehrere Monate nicht abflusswirksam wird, wirkt sich jede Ungenauigkeit beim Ergänzungsalgorithmus nicht nur in Tageswerten, sondern über die gesamte Schneeperiode aus. Der Auf- und Abbau der Schneedecke ist dann - verglichen mit einer repräsentativen Station - so unterschiedlich, dass die Verwendung dieser Station für die Regionalisierung nicht möglich ist.

Im Tiefland ist der Vergleich des Schneedeckenauf- und -abbaus einer ergänzten Station mit einer repräsentativen Station problemloser, da der Beginn, das Ende und auch der Verlauf oft ähnlich sind. An höher gelegenen Stationen ist die Simulation der Schneedeckenentwicklung mit ergänzten Werten sehr kompliziert und Abweichungen von einer Nachbarstation sind schwer auf ihre Richtigkeit abzuschätzen. Zudem ist die Vergleichbarkeit von Stationen im Gebirge, vor allem bei Höhenunterschieden bzw. Luv/Leelagen, nicht mehr gegeben. Da im gegliederten Gelände auch die Anzahl der vorhandenen Klimastationen mit vergleichbarer Höhe und ähnlicher Lage abnimmt, war vor allem die Betrachtung dieser Stationen Gegenstand der Untersuchungen.



Nach Abschluss der Überprüfungen lagen für die Winterhalbjahre 1951/52-1996/97 (jeweils vom 01.11.-30.04.) die berechneten Tagessummen des Niederschlagsdargebots für 201 Stationen vor (98 Stationen in Baden-Württemberg und 103 Stationen in Bayern).

Diese Stationen sind zur Regionalisierung des Niederschlagsdargebots verwendet worden (Übertragung der Werte auf Rasterflächen). Die Regionalisierung erfolgte mit Universal Kriging. Angaben zur Methodik der Regionalisierung und zu den Rasterflächen sind im Kapitel 5.3 bzw. Kapitel 6.1 enthalten.

Nach der Berechnung der Rasterwerte für das Niederschlagsdargebot erfolgte ein Abgleich dieser Werte mit den aus dem Modell BONIE berechneten Niederschlagswerten, da das Modell BONIE weitaus mehr Niederschlagsstationen für die Regionalisierung verwendete und an schneefreien Tagen somit eine regional detailliertere Information liefern kann (siehe [28]).

Im Zeitraum 1931/32-1950/51 konnten die mit dem Schneemodell berechneten Tagessummen des Niederschlagsdargebots nur standortbezogen bereitgestellt werden. Durch den überwiegenden Beginn der Messungen an den Klimastationen erst Ende der 40er-Jahre sind die Datenreihen für das Niederschlagsdargebot z. T. sehr kurz. Vollständige Reihen für den Gesamtzeitraum liegen nur für wenige Stationen vor. Die Verwendung ergänzter Klimareihen zur Berechnung des Niederschlagsdargebots für die fehlenden Zeiträume ist nicht sinnvoll, da es keine Möglichkeiten gibt, die durch ergänzte Daten berechnete Schneedeckenentwicklung anhand von Messdaten zu überprüfen.

Vor dem Jahr 1931 sind die Klimadaten nur für 2 Stationen vollständig vorhanden (Station Karlsruhe 1876 – 1930, Stuttgart 1900 – 1930). Ausführliche Angaben zur Anzahl der Stationen und ihrer Datenverfügbarkeit können den vorliegenden Berichten (siehe KLIWA [29]) entnommen werden.



## 7 Szenario-Rechnungen

### 7.1 Formulierung verschiedener Szenarien

Um Rückschlüsse hinsichtlich der Sensibilität des "Systems Schneedecke" gegenüber Veränderungen des Klimas, vor allem der Lufttemperatur, ziehen zu können, wurden Variantenrechnungen durchgeführt. Zur Begründung der nachfolgend formulierten Szenarien (Varianten) werden zunächst die verschiedenen Voraussetzungen und Annahmen erläutert.

Eine wichtige Voraussetzung für die Erreichung diskutabler und wirklichkeitsnaher Simulationsergebnisse ist die Annahme plausibler Wertebereiche für die Änderung des Klimas bzw. einzelner Klimaelemente. Zugleich muss hinzugefügt werden, dass auch hier nur von sehr vereinfachenden Annahmen ausgegangen werden kann.

Für die Szenarienrechnungen wurden die folgenden Annahmen gemacht:

- Die Lufttemperatur nimmt zu, aber ebenso die Temperaturschwankungen von Jahr zu Jahr.
- Die Niederschlagshöhe nimmt zu, aber ebenso deren Schwankungen von Jahr zu Jahr.
- Anzahl und Ausmaß von Extremereignissen nehmen zu.

Insbesondere der letztgenannte Gesichtspunkt verdient verstärkte Beachtung. Schon KATZ und BROWN [30] wiesen auf die Bedeutung der Variabilität meteorologischer Größen sowie der Extremereignisse im Rahmen eines sich ändernden Klimas hin.

Bei der Formulierung der Szenarien ist weiter davon auszugehen, dass das Untersuchungsgebiet nicht als klimatologisch einheitlich angesehen werden kann. Der Vergleich langjähriger Mittel der Lufttemperatur und des Niederschlages weist im Untersuchungsgebiet (zwischen unteren und höheren Lagen des Gebietes) eine Schwankungsbreite auf. Daraus ist abzuleiten, dass die zeitliche Variation der meteorologischen Parameter nicht deutlich über der räumlichen liegt. Damit kann eine Ein-

heitlichkeit nicht angenommen werden. Beide, für die Schneedeckenentwicklung maßgebliche Größen, sind stark von der Geländehöhe abhängig. Das Untersuchungsgebiet ist überwiegend stark gegliedert, so dass besonders für die Niederschlagsverteilung deutliche regionale Unterschiede auftreten. Es ist deshalb anzunehmen, dass sich Klimaveränderungen großräumig zwar gleichsinnig, aber in unterschiedlicher Ausprägung (Intensität) auf das Schneedeckenregime in Süddeutschland auswirken können.

Für die vorgesehenen Szenario-Rechnungen wurden Stationen ausgewählt, die die verschiedenen Regionen und Höhenlagen in Süddeutschland bestmöglich repräsentieren. Außerdem sollten es Stationen sein, für die gesichertes Datenmaterial zur Modelleichung zur Verfügung steht und damit ein hohes Maß an Parameterstabilität für die Modellsimulation angenommen werden kann. In der Tabelle 7.1 werden die ausgewählten Stationen angegeben.

Insgesamt werden drei Szenario-Varianten simuliert:

- Szenario I: Für die Simulation werden die Originalmesswerte der meteorologischen Input-Größen der jeweils ausgewählten Station verwendet. Die Ergebnisse dieses Szenarios liefern die Vergleichswerte für die übrigen Varianten.
- Szenario II: Für die Simulation werden die Originaldaten (vgl. Sz. I) der Lufttemperatur für die jeweilige Station konstant um 1 K erhöht und die Originaldaten des Niederschlages um konstant 10 % erhöht (Faktor 1,1).
- Szenario III: Lufttemperatur: Aus allen Winterperioden der Reihe 1951/52 bis 1995/96 ist die wärmste ("mildeste") zu ermitteln. Austausch der Originaldaten von 10 Winterperioden (= 20 %) durch Daten des Jahres mit der mildesten Winterperiode (Winterperiode bezogen auf die Monate Dezember bis Februar). Der Austausch der Originaldaten durch die "ausgewählten" Daten erfolgt nach folgendem Schema: Im Zeitraum 1951/70 werden die Daten von



insgesamt 4 Jahren, im Zeitraum 1971/95 diejenigen von insgesamt 6 Jahren ausgetauscht. Die zeitlichen Abstände der auszutauschenden Datensätze ist im jeweiligen Teilabschnitt äquidistant:

1. 1953/54	6. 1976/77
2. 1958/59	7. 1980/81
3. 1963/64	8. 1984/85
4. 1968/69	9. 1988/89
5. 1972/73	10. 1992/93

Es wird erwartet, dass mit diesen, zwar immer noch recht einfachen Annahmen, die Charakteristik der Veränderungen annähernd nachgebildet werden kann und insbesondere auch die Verstärkung des Extremverhaltens berücksichtigt wird.

## 7.2 Grundlagen und Ergebnisse der Szenario-Rechnungen

Zur Durchführung von Szenario-Simulationen eignet sich das für klimatologische Langzeituntersuchungen der Schneedecke entwickelte Modell SNOW-K (vgl. Kapitel 4.1). Der Vollständigkeit wegen sei noch einmal daran erinnert, dass auf der Grundlage dieses Simulationsmodells überhaupt erst Untersuchungen in der vorgesehenen Art vorgenommen werden können. Messwerte des Wasseräquivalents liegen nur sporadisch vor, wenig geeignet als Grundlage für Untersuchungen des Langzeitverhaltens.

Die Gründe für das Fehlen von Messwerten sind hauptsächlich auf zwei Ursachen zurückzuführen:

- Im Gegensatz zu den meteorologischen Standarddaten wird das Wasseräquivalent nur an einer ausgewählten Zahl an Stationen bestimmt (s. Kapitel 6.7). Aus nicht ersichtlichen Gründen sind aber auch an diesen Standorten im Gegensatz zu den lückenlosen Messreihen der Schneedeckenhöhe oft nur lückenhafte oder durch Abbruch bzw. späteren Beginn verkürzte Messreihen vorhanden.
- Insbesondere in den tieferen Lagen treten häufig "Lücken" dadurch auf, dass gemäß Vereinbarung für Schneedeckenhöhen < 5 cm keine Bestimmung des Wasseräquivalents erfolgt. Diese

Vorgabe ist durchaus zweckmäßig, weil mit Abnahme der Schneedeckenhöhe die Unsicherheit der Messergebnisse stark zunimmt.

Als Eingabedaten für die Modellrechnungen mit SNOW-K werden lediglich die wichtigsten meteorologischen Standarddaten benötigt. Damit ist eine wesentliche Voraussetzung für die kontinuierliche Schneedeckensimulation (Entwicklung des Wasseräquivalents) gegeben. Ebenso können die in den Szenarien angenommenen Änderungen der meteorologischen Daten unverzüglich für die Simulation der Auswirkungen auf die Schneedeckenentwicklung im Langzeitverhalten genutzt werden. In Abb. 7.1 wird ein ausgewählter Winter für die Station Stötten dargestellt, ein Vergleich der Originalmesswerte (Szenario I) mit den im Szenario II (Berechnung mit um 1 K erhöhten Lufttemperaturen und 10 % erhöhten Niederschlagswerten) berechneten täglichen Wasseräquivalenten. Deutlich wird die Veränderung der Schneedeckenentwicklung sichtbar.

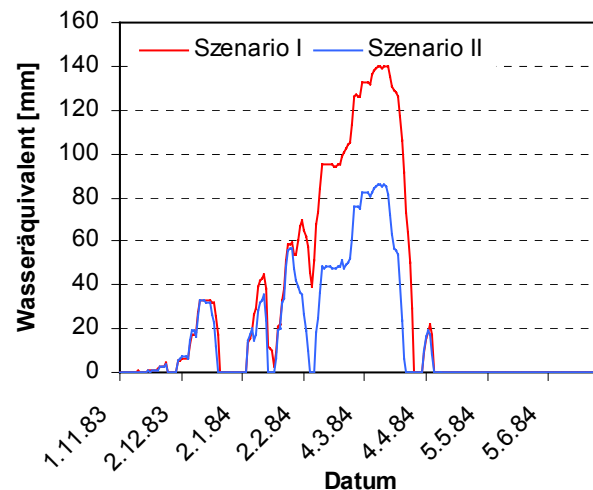


Abb. 7.1: Veränderung der Schneedeckenentwicklung, Vergleich Szenario I / Szenario II, Station Stötten, Winter 1983/84

Die tabellarische Zusammenstellung (Tabelle 7.1) für ausgewählte Stationen vermittelt einen Eindruck von den Veränderungen der (mittleren) Maximalwerte des Wasseräquivalents bei Annahme verschiedener Szenarien für Temperatur und Niederschlag.

Zusammenfassend werden nach diesen Erläuterungen noch einige Kommentare zu den in der Tabelle enthaltenen Zahlenwerten gegeben: Zunächst ist es überraschend, dass mit dem Szenario II die markantesten Rückgänge zu verzeichnen sind. Dennoch sind gegenüber dem Ausgangszustand (Szenario I) auch für Szenario III noch sehr deutliche Abminderungen zu vermerken.

So beträgt für das Szenario II der mittlere Rückgang des maximalen Wasseräquivalents über 20 %, d. h. die Maxima der Schneedecke erreichen nur noch Höhen von ca. 77 % der im Zeitraum 1951-96 aufgetretenen Werte. Für das Szenario III beträgt der Rückgang im Vergleich zu den unveränderten Werten immerhin noch 10-20 %. Eine Abhängigkeit des Ausmaßes der Rückgänge von der Geländehöhe (Spalten 10 und 11 der Tabelle 7.1) ist hingegen nicht festzustellen. Dafür kann die Zahl der Stationen einerseits und die (relativ) geringe Höherer Streckung andererseits verantwortlich sein.

Trotz der eingangs beschriebenen Vorbehalte gegenüber den vereinfachenden Annahmen bei der Formulierung der Szenarien liefern die Ergebnisse der Modellrechnungen wichtige orientierende Informationen. Insbesondere können Rückschlüsse hinsichtlich der Sensibilität des "Systems" gegenüber veränderten meteorologischen Bedingungen gezogen werden. Keinesfalls aber können Voraussagen für die künftige Entwicklung des Schneedeckenregimes abgeleitet werden. Mit Sicherheit darf jedoch angenommen werden, dass sich das Andauerverhalten und die Werte des Wasseräquivalents der Schneedecke bei weiterer winterlicher Erwärmung in der simulierten Richtung (unter Annahme verschiedener Szenarien für die Temperaturzunahme) verändern wird. Dies hat zur Folge, dass es zu einem häufigeren Auf- und Abbau der Schneedecke in tieferen und mittleren Lagen kommen wird, was zu einer Zunahme der Häufigkeit kleiner Hochwasser im Winterhalbjahr führen kann.

Station (m ü. NN)	Zahl der Jahre	Messwert $\bar{W}_{ng, max}$ (mm)	$\bar{W}_{ns, max}$ (mm)			$\bar{W}_{ng, max} / \bar{W}_{ns, max}$			$\bar{W}_{ns, max} (II) / \bar{W}_{ns, max} (I)$	$\bar{W}_{ns, max} (III) / \bar{W}_{ns, max} (I)$
			Szenario I	Szenario II	Szenario III	Szenario I	Szenario II	Szenario III		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Karlsruhe (112 m)	43	11,5	15,8	10,7	12,8	0,73	1,07	0,90	0,68	0,81
Öhringen (276 m)	43	21,5	21,1	15,3	16,5	1,02	1,41	1,30	0,73	0,78
Ellwangen (443 m)	42	37,4	36,7	28,7	29,9	1,02	1,30	1,25	0,78	0,81
Gschwend (492 m)	43	53,1	46,8	36,4	41,2	1,13	1,46	1,29	0,78	0,88
Ulm (567 m)	42	34,4	34,3	25,7	29,7	1,00	1,34	1,16	0,75	0,87
Stötten (734 m)	43	108,8	97,4	80,1	81,2	1,12	1,36	1,34	0,82	0,83
Bamberg (239 m)	34	17,0	20,9	12,9	16,8	0,81	1,32	1,01	0,62	0,80
Regensburg (366 m)	44	28,1	28,0	20,7	24,6	1,00	1,36	1,14	0,74	0,88
Passau (409 m)	44	47,6	48,5	34,7	40,9	0,98	1,37	1,16	0,72	0,84
Weissenburg (422 m)	43	21,5	20,0	16,0	16,7	1,08	1,34	1,29	0,80	0,84
Weiden / Opf. (438 m)	45	36,1	33,5	24,2	30,4	1,08	1,49	1,19	0,72	0,91
Trostberg (487 m)	(45)	-	34,9	28,8	30,6	-	-	-	0,83	0,88
Fichtelberg / Ofr. (659 m)	44	148,1	136,4	101,7	128,7	1,09	1,46	1,15	0,75	0,94
Oberstdorf (810 m)	45	182,4	171,9	129,0	146,3	1,06	1,41	1,25	0,75	0,85
Mittenwald (920 m)	(45)	-	102,2	78,6	83,5	-	-	-	0,77	0,82
Weihenstephan (470 m)	(45)	-	28,2	23,1	26,5	-	-	-	0,82	0,94
Wendelstein (1832 m)	(45)	-	608,1	579,2	519,8	-	-	-	0,95	0,85

$\bar{W}_{ng, max}$  = Mittlerer Maximalwert des gemessenen Wasseräquivalents (mm)

$\bar{W}_{ns, max}$  = Mittlerer Maximalwert des simulierten Wasseräquivalents (mm)

Tabelle 7.1: Ergebnisse der Szenario-Rechnungen

Untersuchungszeitraum 1951/52 bis 1995/96



## 8 Ausblick

Langzeituntersuchungen der Schneedecke verdienen besondere Beachtung, weil als Folge von Klimaveränderungen auch Änderungen der Schneedeckenverhältnisse erwartet werden müssen.

Unter den Schneedeckenparametern stellt die Andauer der Schneedecke die aussagekräftigste, unmittelbar aus Messungen und Beobachtungen ermittelte Grundgröße zur Beschreibung der Schneedeckenverhältnisse dar. Aus diesem Grunde wird diese Größe vorrangig genutzt, um nach einer Bestätigung der vermuteten schneehydrologisch relevanten Trends und deren regionalen Unterschiede im Untersuchungsgebiet zu suchen. Der deutlich abnehmende Trend der Schneedeckendauer in den unteren und mittleren Höhenlagen bestätigt diesen Ansatz.

Die vorliegende, flächenrepräsentative Untersuchung für Süddeutschland stimmt in der Tendenz und in der Größenordnung der ermittelten Werte auch mit dem an anderer Stelle [1] untersuchten Verhalten verschiedener für das Schneedeckenregime wichtiger meteorologischer Größen überein. Der verbreitete Rückgang der Schneedeckendauer, vor allem in den tieferen Lagen, kann auf die erheblich angestiegenen Lufttemperaturen im Jahresabschnitt Dezember bis März zurückgeführt werden. Wegen der großen Variabilität der Schneedeckenparameter lässt sich die statistische Signifikanz der Veränderungen nur vereinzelt nachweisen. Wenngleich die Auswirkungen von Klimaveränderungen auf das Schneedeckenregime statistisch nicht zweifelsfrei nachweisbar sind, so kann aus dem flächendeckend übereinstimmenden Trendverhalten der verschiedenen Größen die Existenz realer Veränderungen als gesichert angenommen werden. Im Hinblick auf jeweils andere Raum- und Zeitbezüge der in der Literatur beschriebenen Untersuchungsergebnisse besteht gute qualitative Übereinstimmung im hier beschriebenen Langzeitverhalten der Schneedecke.

So zeigte bspw. die Auswertung von Satellitenaufnahmen auf der Nordhalbkugel einen Rückgang der größten Schneebedeckung um 10 % für den Zeitraum 1966-2000. Die Änderung fand dabei im Wesentlichen im Frühjahr statt, bedingt durch die hohe Landoberflächentemperatur der Nordhalbkugel im Frühjahr. Herbst und Winter zeigten keine signifikanten Trends. Die stärksten Rückgänge sind dabei in den schneearmen Wintern in der zweiten Hälfte der 80er Jahre des letzten Jahrhunderts aufgetreten. Auch Schneedeckendaten von Stationen haben dieses Bild der Satellitenaufnahmen vereinzelt bestätigt [3]. Die schneearmen Winter Ende der 80er und in den 90er Jahren des letzten Jahrhunderts sind auch in Süddeutschland noch im öffentlichen Bewusstsein präsent, so dass strengere Winter mit länger andauernden Schneedecken hinein bis in tiefere Lagen wie 2004/2005 als ungewöhnlich empfunden werden.

Der Alpenraum ist besonders von den Veränderungen im Schneedeckenregime betroffen, deutlich erkennbar am Abschmelzen der dortigen Gletscher nach einem Anstieg der Schneegrenze von knapp 100 m (Zeitraum 1850 bis in die 1970er Jahre). Gut ein Drittel ihrer Fläche und rund die Hälfte der Masse gingen dabei bereits verloren. Allein in den letzten 20 Jahren dürfte nochmals ein Viertel bis ein Drittel des verbliebenen Volumens verlorengegangen sein [32]. In unterschiedlichen klimatischen Regionen der Schweizer Alpen in einer Höhenlage von rd. 1500 m ü. NN wurde dagegen an insgesamt drei Wetterstationen allerdings kein eindeutiger Trend in der Schneehöhe festgestellt, vermutlich deshalb, da die mittlere Wintertemperatur auch heute noch deutlich in dieser Höhenlage unter 0°C liegt [33].

Im alpinen Raum stellt sich in diesem Zusammenhang auch die Frage nach einer gesteigerten Lawinenaktivität: eine Untersuchung an ausgewählten Wetterstationen konnte in der Schweiz bisher keine Zu- oder Abnahme der Schadenslawinenaktivität



feststellen [32]. Die Schneefallgrenze kann als Folge der Erwärmung ansteigen, der Einfluss der Erwärmung führt vor allem in mittleren Höhen zu kürzeren Andauerzeiten und weniger mächtigen Schneebedeckungen. Es besteht jedoch die Befürchtung, dass durch die Klimaerwärmung eine Zunahme der Winterniederschläge und der Häufigkeit extremer Wettersituationen zu erwarten ist, so dass es in potentiellen Lawinenanrissgebieten oberhalb der Waldgrenze zu mächtigeren Schneedecken kommt. Wenn dann auch häufiger extreme Wetterlagen auftreten, vergrößert sich das Potential für eine extreme Lawinensituation gegenüber heute [32]. Bezüglich der Auswirkungen der Klimaänderung auf die Multi-kausalität der Entstehung von extremen Lawinen besteht allerdings noch Forschungsbedarf.

Das Schneedeckenverhalten ist auch von großer Bedeutung für den Wintertourismus, besonders für Wintersportorte unter 1500 m ü. NN. Durch den oben erwähnten Anstieg der Schneefallgrenze kommt es vor allem in mittleren Höhen zu weniger mächtigen Schneedecken und kürzeren Andauerzei-

ten. Entscheidend für den Wintertourismus ist dabei die Schneesicherheit, die als eine Schneedecke von 30 bis 50 cm mit einer Lagerungsdauer von 100 Tagen im Zeitraum vom 01. Dezember bis 15. April definiert wird. In Österreich zeigte sich beispielsweise bei Wetterstationen im Salzburger Raum bis in zirka 1500 m ü. NN für die 90er Jahre des letzten Jahrhunderts eine Reduktion von rund einer Woche in der Dauer für Schneedecken größer als 20 cm während der Wintersaison [31]. Eine Untersuchung der Schneesicherheit erscheint künftig für die Anpassung der Tourismuskonzepte betroffener Wintersportorte von großer Bedeutung [34].

Aus den genannten Gründen ist eine intensivere Untersuchung möglicher künftiger Änderungen im Schneedeckenregime sowie der davon ausgehenden Auswirkungen auf den Wasserhaushalt und hier insbesondere auf den Abfluss, besonders im Bereich der Mittelgebirge wie auch im alpinen Raum, dringend geboten. Die hier vorgelegte Untersuchung liefert dabei eine wertvolle Analyse der Vergangenheit.



## 9 Literaturverzeichnis

- [1] KLIWA (2005): Langzeitverhalten der Lufttemperatur in Baden-Württemberg und Bayern. KLIWA Berichte, H. 5, 76 S.
- [2] Schönwiese, C.-D. u. a. (2001): Stellungnahme zu Klimaänderungen. Deutsche Meteorologische Gesellschaft, 26. März 2001, 4 S.
- [3] IPCC, 2001: Third Assessment Report-Climate Change 2001 (Intergovernmental Panel on Climate Change).
- [4] Kuhn, M. (1994): Schnee und Eis im Wasserkreislauf Österreichs. Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaft 46, Heft 3/4 S. 76-83.
- [5] Kuhn, M. (1995): Klima und Gletscher in Tirol. Mitteilungen der Deutschen Meteorologischen Gesellschaft Nr. 1, März 1995, S. 19-23.
- [6] Brechtel, H. M. (1982): Quantifizierung des Niederschlags-Inputs von bewaldeten Einzugsgebieten. DVWK. 14. Fortbildungslehrgang Hydrologie.
- [7] Rapp, J. und Schönwiese, C.-D. (1996): Atlas der Niederschlags- und Temperatur-trends in Deutschland 1891 – 1990. Frankfurter Geowiss. Arb. Serie B, Bd. 5, 255 S.
- [8] Blümel, K. u. a. (2001): Hydrometeorologische Untersuchungen zum Problem der Klima-veränderungen. Teil D: Langzeitverhalten des Schneedeckenregimes. Berichte des Deutschen Wetterdienstes, Heft 219. Offenbach am Main, 372 S.
- [9] Rachner, M. (1969): Der Wasserhaushalt der Schneedecke und seine Bedeutung im Rahmen des Gebietswasserhaushalts der Oberen Bode/Harz. Abh. des MD der DDR, Bd. XII, Nr. 90.
- [10] HAD, Hydrologischer Atlas von Deutschland, (2003): Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit Bonn/Berlin, Blatt 2.10, 2000 (1. Lieferung), 2001 (2. Lieferung), 2003 (3. Lieferung).
- [11] Conrad, V. und Winkler, M. (1931): Beitrag zur Kenntnis der Schneedeckenverhältnisse in den österreichischen Alpenländern. Gerlands Beiträge zur Geophysik. Bd. 34, S. 473-511.
- [12] Fojt, W. (1974): Die Schneedecke im Erzgebirge. Abh. des MD der DDR, Bd. XIV, Nr. 111.
- [13] DVWK (1994): Niederschlag. Empfehlung für Betreiber von Niederschlagsstationen (BETREN). Merkblätter; Nr. 230.
- [14] Conrad, V. und Kubitschek, O. (1937): Beiträge zur Kenntnis der Schneedeckenverhältnisse. 6. Mitteilung. Die Veränderlichkeit und Mächtigkeit der Schneedecke in verschiedenen Seehöhen. Gerlands Beiträge zur Geophysik, Bd. 51, S. 100-128.
- [15] Rachner, M.; Matthäus, H.; Schneider, G. (1992): Vorhersage der Schmelzwasserabgabe aus der Schneedecke. Gegenwärtiger Stand und weitere Vorhaben im DWD. Symposium Hochwasservorhersage Karlsruhe 06.11.1992, Tagungsband, S. 86-97.



- [16] Pettit, A. N. (1979): A Non-parametric Approach to the Change-Point Problem. Appl. Statist. 28, No. 2, S. 126-135.
- [17] Alexandersson, H. (1986): A Homogeneity Test Applied to Precipitation Data. Journal of Climatology, Vol. 6, S. 661-675.
- [18] Alexandersson, H. und Moberg, A. (1997): Homogenization of Swedish Temperature Data. Part I: Homogeneity Test for Linear Trends. International Journal of Climatology, Vol. 17, S. 25-34.
- [19] Weigl, E. (1996): Trenduntersuchungen langer Zeitreihen des Gebietsniederschlags vor dem Hintergrund der letzten beiden Winterhochwasser im Dezember 1993 und Januar 1995. Deutsche Gewässerkundliche Mitteilungen, 40, H. 1, S. 2-5.
- [20] Schönwiese, C.-D. (1992): Praktische Statistik für Meteorologen und Geowissenschaftler, 2. Auflage Gebrüder Borntraeger, Berlin Stuttgart, 230 S.
- [21] Weber, E. (1961): Grundriß der biologischen Statistik. VEB Gustav Fischer Verlag Jena.
- [22] Reich, T. und Wiesner, G. (1996): BONIE-M, Projekt KONIE, Teilprojekt „Quantitative Erfassung von Gebietsniederschlägen – Erweiterung des methodischen Apparates zur Berechnung von Gebietsniederschlägen bei unterschiedlichen Messnetzkonfigurationen“. Abschlussbericht. Deutscher Wetterdienst, Geschäftsfeld Hydrometeorologie / HM2, 38 S.
- [23] Bremicker, M. (2000): Das Wasserhaushaltsmodell LARSIM – Modellgrundlagen und Anwendungsbeispiele. Freiburger Schriften zur Hydrologie, Institut für Hydrologie, Universität Freiburg i. Br., Fahrenbergplatz, 79098 Freiburg i. Br., Germany, ISSN 0945-1609, 117 S.
- [24] Wackernagel, H. (1998): Multivariate Geostatistics. An Introduction with Applications. Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York, 291 S.
- [25] Deutsch, C. V. und Journel, A. G. (1998): Geostatistical Software library and User's Guide. Second Edition. Oxford University Press, 369 S.
- [26] KLIWA (2002): Flächendeckende Analyse des Langzeitverhaltens verschiedener Schneedeckenparameter in Baden-Württemberg. Abschlussbericht zum KLIWA-Einzelprojekt KLIWA/SCHNEE (A 1.1.4)/BW, Deutscher Wetterdienst, Geschäftsfeld Hydrometeorologie / HM2 Berlin, 52 S.
- KLIWA (2003): Flächendeckende Analyse des Langzeitverhaltens verschiedener Schneedeckenparameter in Bayern. Abschlussbericht zum KLIWA-Einzelprojekt KLIWA/SCHNEE (A 1.1.4)/BY, Deutscher Wetterdienst, Geschäftsfeld Hydrometeorologie / HM2 Berlin, 46 S.
- [27] Fliri, F. (1992): Der Schnee in Nord- und Osttirol 1895 – 1991. Ein Graphik-Atlas in 2 Bänden. Innsbruck. 1124 S.
- [28] KLIWA (2005): Langzeitverhalten der Gebietswertreihen des Niederschlags in Baden-Württemberg und Bayern. KLIWA-Berichte, H. 7 (im Druck).

- [29] KLIWA (2002a): Erarbeitung und Bereitstellung von langen Reihen des Niederschlagsdargebots (Regen und Wasserabgabe aus der Schneedecke) zur Berechnung von Gebietswerten für Baden-Württemberg. Abschlussbericht zum KLIWA-Einzelprojekt KLIWA/NDAR (A 1.1.5)/BW, Deutscher Wetterdienst, Geschäftsfeld Hydrometeorologie / HM2 Berlin, Teil 1 (18 S.), Teil 2 (29 S.).
- KLIWA (2003a): Erarbeitung und Bereitstellung von langen Reihen des Niederschlagsdargebots (Regen und Wasserabgabe aus der Schneedecke) zur Berechnung von Gebietswerten für Bayern. Abschlussbericht zum KLIWA-Einzelprojekt KLIWA/NDAR (A 1.1.5)/BY, Deutscher Wetterdienst, Geschäftsfeld Hydrometeorologie / HM2 Berlin, Teil 1 (18 S.), Teil 2 (42 S.).
- [30] Katz, R. W. und Brown, B. G. (1992): Extreme Events in a Changing Climate: Variability is more important than Averages. *Climatic Change* 21, S. 89.
- [31] Kromp-Kolb, H. & H. Formayer (2001): Klimaänderung und mögliche Auswirkungen auf den Wintertourismus in Salzburg. Wien, April 2001. Studie im Auftrag des Amtes der Salzburger Landesregierung. ([www.salzburg.gv.at/pdf-kyoto-bericht-tourismus.pdf](http://www.salzburg.gv.at/pdf-kyoto-bericht-tourismus.pdf)).
- [32] OcCC (2002): Das Klima ändert - auch in der Schweiz. OcCC: Organe consultatif sur les changements climatiques - beratendes Organ für Fragen der Klimaänderung, Bern, ISBN 3-907630-21-1.
- [33] OcCC (2003): Extremereignisse und Klimaänderung. OcCC: Organe consultatif sur les changements climatiques - beratendes Organ für Fragen der Klimaänderung, Bern, ISBN 3-907630-23-8.
- [34] Abegg, B: Klimaänderung und Tourismus. Schlussbericht Nationales Forschungsprojekt NFP31. Hochschulverlag ETH Zürich.





## 10 Anlagenverzeichnis

	Seite
Anlage 1: Angaben zur Schneedeckendauer (A) und normierter Schwankungsbreite.....	65
Anlage 2: Trendanalyse (normierter linearer Trend) verschiedener meteorologischer Größen sowie der Schneedeckendauer für unterschiedliche Bezugszeiträume.....	76
Anlage 3: Ergebnisse der Trendanalyse für die Schneedeckendauer.....	77
Anlage 4: Mittlere Maximalwerte des Wasseräquivalents der Schneedecke.....	88





lfd.Nr.	Station	Höhe m ü. NN	Mittlere Andauer (Tage)	Maximale Andauer (Tage)	Minimale Andauer (Tage)	Sp. 4 - Sp. 5 (Tage)	( $W_{A,NORM}$ ) Sp. 6 / Sp. 3
	1	2	3	4	5	6	7
<b>Untersuchungsgebiet 1: Donauoberlauf/Bodensee</b>							
1	OBERFAHLHEIM	460	45	105	16	89	2,0
2	UEBERLINGEN/BODENSEE	490	51	117	5	112	2,2
3	EHINGEN/DONAU	496	51	109	13	96	1,9
4	BOPFINGEN	497	48	108	11	97	2,0
5	HEIDENHEIM/BRENZ	500	67	135	19	116	1,7
6	ACHBERG-DOBERATSWEILER	503	58	112	15	97	1,7
7	ZOESCHINGEN	508	52	108	12	96	1,8
8	HUETTISHEIM	513	49	112	9	103	2,1
9	SCHWENDI-SCHOENEUBERG	535	57	114	14	100	1,8
10	BOPFINGEN-BALDERN	536	56	119	11	108	1,9
11	RIEDLINGEN	538	53	107	15	92	1,7
12	DISCHINGEN-EGLINGEN	550	57	120	9	111	1,9
13	AULENDORF-SPIEGLER	560	55	110	18	92	1,7
14	MENGEN,KR.SIGMARINGEN	565	40	89	7	82	2,0
15	ULM (WST)	567	57	108	19	89	1,6
16	GERSTETTEN-DETTINGEN	582	63	128	6	122	1,9
17	KRAUCHENWIES	596	52	117	15	102	2,0
18	WILHELMSDORF	619	52	109	19	90	1,7
19	WOLFEGG (NST)	623	68	147	24	123	1,8
20	VERINGENSTADT	632	64	118	15	103	1,6
21	FRIDINGEN	634	61	126	8	118	1,9
22	BLAUSTEIN-BERMARINGEN	651	59	114	17	97	1,6
23	GERSTETTEN	653	75	128	30	98	1,3
24	LEUTKIRCH	655	80	130	35	95	1,2
25	WURZACH,BAD	657	71	130	17	113	1,6
26	STEINHAUSEN-ENGLISWEILER	663	68	142	19	123	1,8
27	HAYINGEN	665	66	122	19	103	1,6
28	LONSEE-ETTLENSCHIESS	665	71	124	25	99	1,4
29	DONAUESCHINGEN	677	69	130	10	120	1,7
30	BALGHEIM	710	69	139	14	125	1,8
31	ISNY	712	101	157	50	107	1,1
32	VILLINGEN-SCHWENN.(NST)	715	64	113	20	93	1,5
33	VILLINGEN-SCHWENNINGEN	720	76	138	19	119	1,6
34	HOHENSTEIN-BERNLOCH	740	79	139	23	116	1,5
35	LAICHINGEN	747	82	139	24	115	1,4
36	MUENSINGEN-APFELSTETTEN	750	85	152	26	126	1,5
37	BURLADINGEN	780	74	123	15	108	1,5
38	STETTEN-FROHNSTETTEN	785	76	138	21	117	1,5
39	TROCHTELFINGEN-STEINHIL.	795	104	163	25	138	1,3
40	WESTERHEIM	807	91	149	27	122	1,3
41	MESSSTETTEN-TIERINGEN	852	81	145	24	121	1,5
42	FURTWANGEN	870	96	154	21	133	1,4
43	BOETTINGEN	928	94	154	25	129	1,4
44	EISENBACH-BUBENBACH	930	106	161	29	132	1,2
<b>Untersuchungsgebiet 2: Oberrheinebene/westlicher Schwarzwald</b>							
45	SCHWANAU-OTTENHEIM	153	18	67	1	66	3,7
46	RUST	167	18	69	0	69	3,8
47	BREISACH	194	15	48	0	48	3,2
48	WEISENBACH	200	23	65	1	64	2,8

Anlage 1: Angaben zur Schneedeckendauer (A) und normierter Schwankungsbreite ( $W_{A,NORM}$ ), Untersuchungszeitraum 1951/52 bis 1995/96



lfd.Nr.	Station	Höhe m ü. NN	Mittlere Andauer (Tage)	Maximale Andauer (Tage)	Minimale Andauer (Tage)	Sp. 4 - Sp. 5 (Tage)	( $W_{A,NORM}$ ) Sp. 6 / Sp. 3
	1	2	3	4	5	6	7
49	SCHALLSTADT-MENGEN	215	18	52	0	52	2,9
50	HASLACH IM KINZIGTAL	220	19	55	0	55	2,9
51	VOGTSBURG-OBERROTWEIL	223	20	60	1	59	3,0
52	BADEN-BADEN-GEROLDSAU	240	25	77	0	77	3,1
53	FREIBURG I.BR.	269	24	63	0	63	2,6
54	FREIAMT-KEPPENBACH	275	27	91	0	91	3,4
55	GUTACH I.BR.-BLEIBACH	302	31	83	2	81	2,6
56	KANDERN-RIEDLINGEN	306	29	73	0	73	2,5
57	LOERRACH	309	17	58	0	58	3,4
58	OPPENAU	315	39	92	4	88	2,3
59	OBERHARMERSBACH	320	33	77	5	72	2,2
60	GLOTTERTAL	326	31	84	2	82	2,6
61	SCHILTACH	360	42	102	4	98	2,3
62	BADENWEILER	367	37	87	5	82	2,2
63	SCHÜTTERTAL-SCHWEIGHAUS.	398	36	87	5	82	2,3
64	SIMONSWALD-OBERSIMONSWA.	419	45	108	3	105	2,3
65	STUEHLINGEN-EBERFINGEN	465	54	122	3	119	2,2
66	ELZACH-OBERPREDTAL	480	51	114	5	109	2,1
67	RIPPOLDSAU,BAD	560	70	133	9	124	1,8
68	SALLNECK	610	73	136	4	132	1,8
69	TRIBERG	683	86	149	15	134	1,6
70	BUERCHAU	710	76	135	12	123	1,6
71	TRIBERG-NUSSBACH	720	70	122	17	105	1,5
72	SCHOPFHEIM-SCHWEIGMATT	723	72	132	11	121	1,7
73	SANKT PETER/SCHW.	729	71	121	15	106	1,5
74	WEILHEIM/WALDS.-BANNHOLZ	736	71	141	15	126	1,8
75	FREUDENSTADT-IGELSBURG	757	87	153	15	138	1,6
76	SANKT BLASIEN	795	86	146	25	121	1,4
77	TITISEE-N.-LANGENORDNACH	870	106	162	36	126	1,2
78	FREUDENSTADT-KNIEBIS	875	106	162	27	135	1,3
79	SEGETEN	879	95	164	22	142	1,5
80	BREITNAU	1005	106	158	40	118	1,1
81	HOECHENSWAND (AKKST)	1008	115	167	46	121	1,1
82	AITERN-UNTERMULTEN	1018	128	184	33	151	1,2
83	HORNISGRINDE	1122	149	209	78	131	0,9
84	SCHAUINSLAND	1218	133	186	68	118	0,9
85	FELDBERG/SCHW. (WST)	1486	184	248	130	118	0,6
<b>Untersuchungsgebiet 3: Neckargebiet/West</b>							
86	GRABEN-NEUDORF	104	19	64	1	63	3,3
87	EGGENSTEIN-LEOPOLDSHAFEN	109	18	64	2	62	3,4
88	KARLSRUHE (WST)	112	21	69	1	68	3,2
89	DIELHEIM-HORRENBERG	158	23	78	2	76	3,3
90	KRAICHTAL-GOCHSHEIM	170	26	85	2	83	3,2
91	BRETTEN-DUERRENBUECHIG	204	22	69	2	67	3,0
92	KARLSRUHE-HOHENWETTERSBERG	225	23	69	2	67	2,9
93	KOENIGSBACH-STEIN	230	21	70	2	68	3,2
94	MUEHLACKER	246	27	72	3	69	2,6
95	PFORZHEIM-EUTINGEN	246	30	85	2	83	2,8
96	LOECHGAU	263	29	74	3	71	2,4
97	VAIHINGEN A.D.ENZ-RIET	270	33	89	3	86	2,6

Anlage 1: Angaben zur Schneedeckendauer (A) und normierter Schwankungsbreite ( $W_{A,NORM}$ ), Untersuchungszeitraum 1951/52 bis 1995/96 (Fortsetzung)

lfd.Nr.	Station	Höhe m ü. NN	Mittlere Andauer (Tage)	Maximale Andauer (Tage)	Minimale Andauer (Tage)	Sp. 4 - Sp. 5 (Tage)	( $W_{A,NORM}$ ) Sp. 6 / Sp. 3
	1	2	3	4	5	6	7
98	MARKGROENINGEN	272	28	77	3	74	2,6
99	DITZINGEN-HEIMERDINGEN	294	36	92	4	88	2,4
100	STERNENFELS	320	39	103	3	100	2,6
101	TIEFENBRONN	344	42	108	5	103	2,5
102	ROTTENBURG-NIEDERNAU,BAD	349	37	106	4	102	2,8
103	HERRENALB,BAD	350	42	107	5	102	2,4
104	TUEBINGEN-BEBENHAUSEN	350	48	115	7	108	2,2
105	METZINGEN,KR.REUTLINGEN	362	36	84	4	80	2,2
106	WOLFSCHLUGEN	380	40	100	9	91	2,3
107	MALSCH-VOELKERSBACH	385	38	84	5	79	2,1
108	WEIL DER STADT	389	41	96	5	91	2,2
109	NEUFFEN	395	41	87	12	75	1,8
110	WILDBAD,BAD-CALMBACH	400	48	108	5	103	2,1
111	NAGOLD-PFRONDORF	430	39	100	8	92	2,4
112	WIMSHEIM	431	47	100	7	93	2,0
113	MARXZELL-SCHIELBERG	434	41	103	8	95	2,3
114	SINDELFIGEN	440	44	99	7	92	2,1
115	BONDORF	456	42	99	8	91	2,2
116	NEIDLINGEN	462	44	117	12	105	2,4
117	HILDRIZHAUSEN	483	45	104	7	97	2,2
118	OBERNDORF/NECKAR	516	55	124	11	113	2,1
119	HECHINGEN	520	44	102	9	93	2,1
120	ALTHENGSTETT-OTTENBRONN	530	53	110	10	100	1,9
121	HORB-BETRA	539	52	107	10	97	1,9
122	ALTENSTEIG-WART	594	58	129	6	123	2,1
123	SCHOEMBERG,KR.CALW	635	76	132	16	116	1,5
124	ROSENFELD	640	62	111	11	100	1,6
125	FLUORN-WINZELN	660	72	136	17	119	1,7
126	DORNSTETTEN	680	65	133	12	121	1,9
127	BALGHEIM	710	69	139	14	125	1,8
128	VILLINGEN-SCHWENN.(NST)	715	64	113	20	93	1,5
129	ESCHBRONN-MARIAZELL	716	68	128	17	111	1,6
130	WILDBAD,BAD-SOMMERBERG	740	80	145	25	120	1,5
131	KOENIGSFELD/SCHW.	754	86	145	13	132	1,5
132	FREUDENSTADT-IGELSBERG	757	87	153	15	138	1,6
133	LENNINGEN-SCHOPFLOCH	758	77	143	20	123	1,6
134	BURLADINGEN	780	74	123	15	108	1,5
135	TROCHTELFINGEN-STEINHIL.	795	104	163	25	138	1,3
136	FREUDENSTADT (WST)	797	106	162	38	124	1,2
137	SEEWALD-BESENFELD	804	100	162	26	136	1,4
138	MESSSTETTEN-TIERINGEN	852	81	145	24	121	1,5
139	ALBSTADT-BURGFELDEN	911	86	142	36	106	1,2
140	KLIPPENECK (AWST)	973	97	156	29	127	1,3
<b>Untersuchungsgebiet 4: Neckargebiet/Ost</b>							
141	MANNHEIM (WST)	96	20	65	0	65	3,2
142	HEMSBACH	98	18	52	0	52	2,9
143	HEIDELBERG	110	19	57	0	57	3,0
144	WERTHEIM-EICHEL	140	25	85	1	84	3,4
145	GUNDELSHEIM	170	19	61	2	59	3,1
146	EBERBACH/NECKAR	178	30	99	1	98	3,3

Anlage 1: Angaben zur Schneedeckendauer (A) und normierter Schwankungsbreite ( $W_{A,NORM}$ ), Untersuchungszeitraum 1951/52 bis 1995/96 (Fortsetzung)



lfd.Nr.	Station	Höhe m ü. NN	Mittlere Andauer (Tage)	Maximale Andauer (Tage)	Minimale Andauer (Tage)	Sp. 4 - Sp. 5 (Tage)	( $W_{A,NORM}$ ) Sp. 6 / Sp. 3
	1	2	3	4	5	6	7
147	MOECKMUEHL	181	31	97	1	96	3,1
148	SPECHBACH	185	29	84	2	82	2,8
149	PLEIDELSHEIM	192	25	71	2	69	2,8
150	SCHWAIGERN-STETTEN A.H.	193	25	74	2	72	2,9
151	SINSHEIM	197	26	72	3	69	2,7
152	RAPPENAU,BAD-BONFELD	198	25	83	2	81	3,2
153	MOSBACH-DIEDESHEIM	200	23	60	0	60	2,6
154	FORCHTENBERG-SINDRINGEN	204	24	78	1	77	3,2
155	NECKARBISCHOFSSHEIM	204	28	84	1	83	3,0
156	EPPINGEN	210	22	65	2	63	2,9
157	NEUDENAU	210	26	66	3	63	2,4
158	REMSECK/NECK.-NECKARREMS	210	27	92	1	91	3,4
159	EPPINGEN-ELSENZ	218	27	74	3	71	2,6
160	OBERSULM-WILLSBACH	226	27	67	2	65	2,4
161	BOENNIGHEIM	228	24	71	3	68	2,8
162	MERGENTHEIM,BAD-NEUNKIR.	250	30	85	4	81	2,7
163	WERTHEIM-KEMBACH	250	31	98	1	97	3,1
164	SCHEFFLENZ-UNTERSCHIFFL.	270	28	80	2	78	2,8
165	OEHRINGEN (WST)	276	36	92	5	87	2,4
166	FELLBACH	280	25	68	2	66	2,6
167	UNTERGRUPPENBACH-UNTERH.	280	30	79	4	75	2,5
168	RAVENSTEIN-BALLENBERG	290	35	96	4	92	2,6
169	BACKNANG	291	30	73	3	70	2,3
170	MULFINGEN/JAGST	294	39	93	5	88	2,3
171	LORCH,KR.OSTALB-WALDHSN.	296	37	95	8	87	2,4
172	KUELSHEIM/BADEN	300	33	82	4	78	2,4
173	NEUNKIRCHEN/BADEN	300	38	98	2	96	2,5
174	WALLDUERN-REINHARDSACHS.	311	35	98	2	96	2,7
175	GROSSRINDERFELD-ILMSPAN	325	34	89	3	86	2,5
176	KUPFERZELL-MANGOLDSALL	327	36	80	5	75	2,1
177	WALLDUERN-ALTHEIM	330	39	102	4	98	2,5
178	AHORN-EUBIGHEIM	338	38	97	3	94	2,5
179	MURRHARDT	344	40	101	5	96	2,4
180	ELZTAL-RINECK (HOFGUT)	345	38	108	2	106	2,8
181	BUCHEN,KR.NECKAR-ODW.	350	38	107	7	100	2,6
182	SCHOENBRUNN/BADEN	350	43	108	6	102	2,4
183	GAILDORF-HAEGENAU	351	39	93	4	89	2,3
184	KOENIGHEIM-PUELFRINGEN	354	38	104	4	100	2,6
185	GOEPPINGEN-FAURNDAU	361	36	89	9	80	2,2
186	HOEPFINGEN	365	45	104	8	96	2,1
187	ABTSGMUEND	370	44	99	7	92	2,1
188	STUTTGART-ECH.(FLUGWEWA)	371	35	96	6	90	2,6
189	VELLBERG-KLEINALTDORF	396	44	103	8	95	2,2
190	NIEDERSTETTEN-WERMUTSHS.	400	35	85	7	78	2,2
191	BERGLEN-BIRKENWEISSBUCH	402	36	94	4	90	2,5
192	SCHWAEB.GMUEND-STRASSDF.	415	38	91	8	83	2,2
193	BOLL (ORT),KR.GOEPPINGEN	420	44	93	14	79	1,8
194	CREGLINGEN-FINSTERLOHR	422	42	94	8	86	2,0
195	ELLWANGEN/JAGST	443	56	113	11	102	1,8
196	ABTSGMUEND- UNTERGROENING	448	51	108	13	95	1,9

Anlage 1: Angaben zur Schneedeckendauer (A) und normierter Schwankungsbreite ( $W_{A,NORM}$ ), Untersuchungszeitraum 1951/52 bis 1995/96 (Fortsetzung)

lfd.Nr.	Station	Höhe m ü. NN	Mittlere Andauer (Tage)	Maximale Andauer (Tage)	Minimale Andauer (Tage)	Sp. 4 - Sp. 5 (Tage)	( $W_{A,NORM}$ ) Sp. 6 / Sp. 3
	1	2	3	4	5	6	7
197	HEUBACH/OSTALB	450	43	101	10	91	2,1
198	JAGSTZELL	451	51	104	7	97	1,9
199	SCHROZBERG	455	46	102	2	100	2,2
200	SCHROZBERG-SPIELBACH	456	50	109	10	99	2,0
201	BALTMANNSWEILER-HOHENG.	457	45	105	8	97	2,2
202	FRANKENHARDT-GRUENDELH.	458	55	128	11	117	2,1
203	BLAUFELDEN-GAMMESFELD	465	51	109	9	100	2,0
204	ADELMANNSFELDEN	470	51	108	9	99	1,9
205	MUDAU-SCHLOSSAU	470	54	99	11	88	1,6
206	AALEN-UNTERKOCHEN	473	51	111	9	102	2,0
207	WALDENBURG-OBERSTEINBACH	476	52	108	8	100	1,9
208	WUESTENROT-FINSTERROT	480	56	115	13	102	1,8
209	LIMBACH/ODW.-BALSACH	484	51	106	7	99	1,9
210	GOEGGINGEN	490	33	92	3	89	2,7
211	WALDBRUNN-OBERDIELBACH	490	52	118	11	107	2,1
212	GSCHWEND,KR.OSTALB	492	59	122	12	110	1,9
213	DITZENBACH,BAD	518	53	97	16	81	1,5
214	WALDSTETTEN-WISSGOLDING.	542	56	116	14	102	1,8
215	KAISERSBACH	558	64	121	13	108	1,7
216	ELLENBERG	572	62	117	10	107	1,7
217	STOETTEN (WST)	734	87	147	33	114	1,3
<b>Untersuchungsgebiet 5: Alpen/Ost</b>							
218	METTEN	313	74	124	28	96	1,3
219	FUESSING,BAD-WUERDING	320	51	113	13	100	2,0
220	AHOLFING	325	48	113	11	102	2,1
221	OTZING	328	40	112	10	102	2,6
222	RIEKOFEN	332	43	108	12	96	2,2
223	STEINACH	335	68	122	19	103	1,5
224	LANDAU/ISAR	338	45	110	11	99	2,2
225	BOGEN-PFELLING	345	54	116	15	101	1,9
226	STRAUBING (WST)	350	51	114	13	101	2,0
227	EICHENDORF	355	46	112	8	104	2,3
228	GEISELHOERING-POENNING	356	45	110	14	96	2,1
229	HAIMING	363	50	110	11	99	2,0
230	SCHIERLING	369	43	113	8	105	2,4
231	WINHOERING-ENHOFEN	372	48	110	12	98	2,0
232	ORTENBURG	375	56	113	19	94	1,7
233	PFARRKIRCHEN	378	58	119	17	102	1,8
234	ROTTHALMUENSTER	380	52	106	13	93	1,8
235	TITTMONING	382	54	113	9	104	1,9
236	ARNSTORF	385	48	108	12	96	2,0
237	LANDSHUT-SCHOENBRUNN	385	46	108	14	94	2,0
238	LANDSHUT	393	53	112	19	93	1,8
239	DIETERSBURG	398	48	112	10	102	2,1
240	EGGENFELDEN	400	50	104	16	88	1,8
241	LAUFEN/OBB.	400	55	112	19	93	1,7
242	REISBACH-OBERHAUSEN	400	52	110	14	96	1,8
243	JETTENBACH	405	53	135	10	125	2,4
244	TUESSLING	405	56	114	15	99	1,8
245	FRONTENHAUSEN	414	49	107	13	94	1,9

Anlage 1: Angaben zur Schneedeckendauer (A) und normierter Schwankungsbreite ( $W_{A,NORM}$ ), Untersuchungszeitraum 1951/52 bis 1995/96 (Fortsetzung)



lfd.Nr.	Station	Höhe m ü. NN	Mittlere Andauer (Tage)	Maximale Andauer (Tage)	Minimale Andauer (Tage)	Sp. 4 - Sp. 5 (Tage)	( $W_{A,NORM}$ ) Sp. 6 / Sp. 3
	1	2	3	4	5	6	7
246	GANGKOFEN	432	53	106	17	89	1,7
247	GRIESBACH I.ROTTAL	444	56	112	23	89	1,6
248	ROSENHEIM	444	58	111	22	89	1,5
249	MOOSBURG/ISAR-PFROMBACH	445	46	112	16	96	2,1
250	ERGOLDSBACH-KLAEHAM	450	47	118	11	107	2,3
251	BOCKHORN/OBB.-GRUENBACH	452	52	111	18	93	1,8
252	OBERBERGKIRCHEN-SCHOERG.	458	48	107	11	96	2,0
253	VILSBIBURG	459	50	109	16	93	1,9
254	WENG BEI FAHRENZHAUSEN	460	49	105	13	92	1,9
255	WITTIBREUT	460	57	117	16	101	1,8
256	PFEFFENHAUSEN-LUDMANNSD.	470	54	114	14	100	1,9
257	WEIHENSTEPHAN (AMBF)	470	58	115	21	94	1,6
258	DACHAU	483	50	97	14	83	1,7
259	KIEFERSFELDEN	484	92	139	38	101	1,1
260	WASSERBURG/INN-GABERSEE	485	62	116	23	93	1,5
261	TROSTBERG	487	60	111	19	92	1,5
262	AIBLING,BAD	490	62	120	16	104	1,7
263	BRUCKBERG/NDB.-POERNBACH	491	44	112	9	103	2,3
264	FINSING	494	51	112	8	104	2,0
265	TACHERTING-SPREIT	508	55	108	15	93	1,7
266	MAISACH-GERNLINDEN	509	61	117	15	102	1,7
267	ISEN	510	70	121	26	95	1,4
268	FORSTINNING	512	55	116	7	109	2,0
269	MUENCHEN (ST.BONIFAZ)	516	57	106	21	85	1,5
270	SCHNEIZLREUTH-RISTFEUCHT	523	108	156	62	94	0,9
271	EURASBURG-FREIENRIED	529	58	115	15	100	1,7
272	HAAG,KR.MUEHLBACH	530	61	115	23	92	1,5
273	MAISACH-ROTTBACH	534	60	117	15	102	1,7
274	CHIEMSEE-HERRENCHIEMSEE	539	69	126	20	106	1,5
275	PULLACH-HOELLRIEGELSKR.	544	61	113	18	95	1,6
276	BAIERN-KLEINROHRSDORF	552	65	113	22	91	1,4
277	GRAFRATH-UNTERALTING	555	63	123	19	104	1,7
278	ZORNEDING	556	69	123	29	94	1,4
279	HOHENBRUNN	565	70	125	25	100	1,4
280	OBING	565	66	124	11	113	1,7
281	DIESSEN AM AMMERSEE	567	68	121	19	102	1,5
282	WEILHEIM/OBB.	568	62	117	16	101	1,6
283	TRAUNREUT-FRUEHLING	587	72	124	24	100	1,4
284	SEESHAUPT	588	66	120	23	97	1,5
285	ERESING (ST.OTTILIEN)	590	58	119	18	101	1,7
286	SINDELSDORF	601	72	124	24	100	1,4
287	WIESENFELDEN-KESSELBODEN	605	98	147	53	94	1,0
288	EBERFING	610	78	131	32	99	1,3
289	ASCHAU	620	92	147	41	106	1,2
290	KOENIGSDORF	626	80	130	30	100	1,3
291	BENEDIKTBEUERN	630	81	132	26	106	1,3
292	SCHNEIZLREUTH-WEISSBACH	630	115	172	62	110	1,0
293	ESCHENLOHE	636	80	129	34	95	1,2
294	SEEFELD/OBB.-UNERING	646	60	118	23	95	1,6
295	SAUERLACH-ALTKIRCHEN	652	74	127	29	98	1,3

Anlage 1: Angaben zur Schneedeckendauer (A) und normierter Schwankungsbreite ( $W_{A,NORM}$ ), Untersuchungszeitraum 1951/52 bis 1995/96 (Fortsetzung)



lfd.Nr.	Station	Höhe m ü. NN	Mittlere Andauer (Tage)	Maximale Andauer (Tage)	Minimale Andauer (Tage)	Sp. 4 - Sp. 5 (Tage)	( $W_{A,NORM}$ ) Sp. 6 / Sp. 3
	1	2	3	4	5	6	7
296	ATTENKAM	665	70	112	32	80	1,1
297	REIT I.WINKL	675	141	186	107	79	0,6
298	LENGGRIES	681	85	133	37	96	1,1
299	ANGER-OBERHOEGL	690	76	121	21	100	1,3
300	INZELL	690	111	166	36	130	1,2
301	GARMISCH-PARTENK. (WST)	719	108	161	53	108	1,0
302	LENGGRIES-FALL	770	133	176	100	76	0,6
303	SCHAFTLACH	775	106	160	51	109	1,0
304	SCHLIERSEE (NST)	792	97	156	36	120	1,2
305	WARNGAU-TAUBENBERG	795	102	156	45	111	1,1
306	LENGGRIES-VORDERRISS	803	134	186	95	91	0,7
307	BAYERSOIEN,BAD	812	104	153	51	102	1,0
308	SIEGSDORF-MARIA ECK	828	104	170	43	127	1,2
309	BISCHOFSWIESEN-LOIPL	870	132	178	81	97	0,7
310	KREUTH-GLASHUETTE	895	151	200	106	94	0,6
311	MITTENWALD	920	105	162	58	104	1,0
312	ETTAL-LINDERHOF	940	125	191	58	133	1,1
313	HOHENPEISSENBERG (OBS)	977	122	171	79	92	0,8
314	SCHWARZENKOPFHUETTE	1336	178	238	146	92	0,5
315	WENDELSTEIN (WST)	1832	211	261	164	97	0,5
316	ZUGSPITZE (WST)	2960	342	366	272	94	0,3
<b>Untersuchungsgebiet 6: Alpen/West</b>							
317	KELHEIM	354	51	101	17	84	1,6
318	BEILNGRIES	370	34	101	1	100	2,9
319	KARLSHULD	374	49	107	11	96	2,0
320	KIPFENBERG	395	50	113	11	102	2,0
321	LINDAU (BODENSEE)	400	45	97	8	89	2,0
322	MUEHLHAUSEN,KR.NEUMARKT	400	47	114	11	103	2,2
323	POETTMES-SCHORN	404	45	107	12	95	2,1
324	AIGLSBACH	405	51	115	12	103	2,0
325	DONAUWOERTH	405	49	103	12	91	1,9
326	SCHROBENHAUSEN	409	46	114	6	108	2,3
327	OBERHAUSEN/DONAU-SINNING	410	50	110	14	96	1,9
328	KOESCHING	417	51	117	13	104	2,0
329	THALMAESSING	417	39	96	5	91	2,3
330	BLINDHEIM	420	39	105	12	93	2,4
331	HERRIEDEN	425	48	109	9	100	2,1
332	NOERDLINGEN	425	44	107	4	103	2,3
333	WOLNZACH	425	42	96	9	87	2,1
334	WERTINGEN	430	46	106	13	93	2,0
335	DILLINGEN/DONAU	435	43	106	10	96	2,2
336	BURK-MEIERN DORF	436	48	103	7	96	2,0
337	MERTINGEN-DRUISHEIM	436	43	111	11	100	2,3
338	GUNDELFINGEN/DONAU	437	47	99	13	86	1,8
339	GERSTHOFEN	455	39	99	10	89	2,3
340	COLMBERG	457	52	106	13	93	1,8
341	OBERFAHLHEIM	460	45	105	16	89	2,0
342	AUGSBURG-MUEHLH. (WST)	461	53	114	15	99	1,9
343	EHINGEN,KR.ANSBACH	462	48	109	9	100	2,1
344	WOERNITZ-BOTTENWEILER	464	59	126	17	109	1,8

Anlage 1: Angaben zur Schneedeckendauer (A) und normierter Schwankungsbreite ( $W_{A,NORM}$ ), Untersuchungszeitraum 1951/52 bis 1995/96 (Fortsetzung)



fd.Nr.	Station	Höhe m ü. NN	Mittlere Andauer (Tage)	Maximale Andauer (Tage)	Minimale Andauer (Tage)	Sp. 4 - Sp. 5 (Tage)	( $W_{A,NORM}$ ) Sp. 6 / Sp. 3
	1	2	3	4	5	6	7
345	FREMDINGEN	465	46	103	4	99	2,2
346	ZUSMARSHAUSEN	465	50	106	10	96	1,9
347	PFEFFENHAUSEN-LUDMANNSD.	470	54	114	14	100	1,9
348	SCHEYERN	481	57	111	18	93	1,6
349	DINKELSBUEHL-SINBRONN	490	47	105	8	97	2,1
350	BOPFINGEN	497	48	108	11	97	2,0
351	HEIDENHEIM/BRENZ	500	67	135	19	116	1,7
352	HILGERTSHAUSEN-TANDERN	503	51	113	13	100	2,0
353	WEISSEHORN	506	51	108	14	94	1,8
354	ZOESCHINGEN	508	52	108	12	96	1,8
355	MERING	510	55	113	13	100	1,8
356	POLSINGEN-DOECKINGEN	510	64	125	14	111	1,7
357	WELLHEIM-HARD	512	56	105	12	93	1,7
358	WIESENBACH-OBERWIESENB.	514	54	111	16	95	1,8
359	KAISHEIM-NEUHOF	516	62	123	18	105	1,7
360	PARSBERG/OPF.	516	71	126	31	95	1,3
361	TAFERTSHOFEN	520	62	122	20	102	1,6
362	EURASBURG-FREIENRIED	529	58	115	15	100	1,7
363	VELBURG	540	66	122	29	93	1,4
364	DISCHINGEN-EGLINGEN	550	57	120	9	111	1,9
365	BOBINGEN-STRASSBERG	551	61	116	22	94	1,5
366	TITTING-HEILIGENKREUZ	556	66	122	11	111	1,7
367	AMERDINGEN-BOLLSTADT	559	57	110	15	95	1,7
368	SCHEURING	564	58	115	17	98	1,7
369	HEMAU-EICHLBERG	566	66	119	24	95	1,4
370	ULM (WST)	567	57	108	19	89	1,6
371	LANGERRINGEN-SCHWABMUEH.	575	57	114	15	99	1,7
372	WINTERRIEDEN	575	55	109	16	93	1,7
373	GERSTETTEN-DETTINGEN	582	63	128	6	122	1,9
374	ERESING (ST.OTTILIEN)	590	58	119	18	101	1,7
375	TUERKHEIM	599	66	115	25	90	1,4
376	MINDELHEIM	607	59	114	20	94	1,6
377	LAUBEN/U.ALL-FRICKENHSN.	620	68	132	29	103	1,5
378	MARKT WALD	633	69	120	27	93	1,3
379	BLAUSTEIN-BERMARINGEN	651	59	114	17	97	1,6
380	GERSTETTEN	653	75	128	30	98	1,3
381	LONSEE-ETTLENSCHIESS	665	71	124	25	99	1,4
382	OTTOBEUREN	665	71	123	33	90	1,3
383	PFORZEN-INGENRIED/ALLG.	665	64	119	25	94	1,5
384	LEGAU	667	76	129	32	97	1,3
385	KRONBURG	672	78	135	33	102	1,3
386	KEMPTEN (WST)	705	86	135	40	95	1,1
387	VILGERTSHOFEN-ISSING	708	76	128	29	99	1,3
388	ISNY	712	101	157	50	107	1,1
389	MARKTOBERDORF	730	80	128	35	93	1,2
390	IMMENSTADT	731	102	149	47	102	1,0
391	OBERGUENZBURG	738	86	137	35	102	1,2
392	OBERSTAUFEN-THALKIRCHDF.	745	102	157	47	110	1,1
393	LAICHINGEN	747	82	139	24	115	1,4
394	OSTERZELL-STOCKEN	760	90	151	43	108	1,2

Anlage 1: Angaben zur Schneedeckendauer (A) und normierter Schwankungsbreite ( $W_{A,NORM}$ ), Untersuchungszeitraum 1951/52 bis 1995/96 (Fortsetzung)

lfd.Nr.	Station	Höhe m ü. NN	Mittlere Andauer (Tage)	Maximale Andauer (Tage)	Minimale Andauer (Tage)	Sp. 4 - Sp. 5 (Tage)	( $W_{A,NORM}$ ) Sp. 6 / Sp. 3
	1	2	3	4	5	6	7
395	FUESSEN-WEISSENSEE	790	88	140	39	101	1,1
396	MARKTOBERDORF-SULZSCHN.	794	89	140	39	101	1,1
397	GOERISRIED	795	91	142	50	92	1,0
398	SCHWANGAU-HORN	796	105	152	44	108	1,0
399	WEITNAU-WENGEN	800	109	163	57	106	1,0
400	HALBLECH-BUCHING	804	103	157	50	107	1,0
401	WESTERHEIM	807	91	149	27	122	1,3
402	OBERSTDORF (WST)	810	127	167	70	97	0,8
403	HINDELANG-HINTERSTEIN	828	130	176	77	99	0,8
404	INGENRIED/OBB-KROTTENHIL	890	103	164	49	115	1,1
405	WERTACH	920	113	158	57	101	0,9
406	OBERSTDORF-BIRGSAU	950	153	198	112	86	0,6
407	HINDELANG-UNTERJOCH(NST)	1015	140	184	86	98	0,7
408	WERTACH(BURONHUETTE)	1172	151	205	77	128	0,8
<b>Untersuchungsgebiet 7: Franken</b>							
409	KAHL/MAIN	107	23	83	2	81	3,5
410	WERTHEIM-EICHEL	140	24	85	1	84	3,5
411	LOHR/M.-STEINBACH	161	26	88	1	87	3,3
412	WERBACH	185	25	84	2	82	3,3
413	LEINACH	208	32	100	3	97	3,0
414	HAMMELBURG	220	27	93	2	91	3,4
415	WERNECK	225	32	90	3	87	2,7
416	SULZBACH/MAIN-DORNAU	233	26	81	2	79	3,0
417	BAMBERG (WST)	239	37	103	4	99	2,7
418	MOENCHBERG	243	26	85	1	84	3,2
419	MERGENTHEIM,BAD-NEUNKIR.	250	30	85	4	81	2,7
420	WERTHEIM-KEMBACH	250	31	98	1	97	3,1
421	BURGEBRACH- OBERHARNSBACH	260	35	94	5	89	2,5
422	HOFHEIM/UFR.	262	35	102	7	95	2,7
423	KISSINGEN,BAD (WST)	262	37	102	7	95	2,6
424	RECKENDORF	262	37	103	3	100	2,7
425	KNETZGAU-OBERSCHWAPPACH	267	32	97	2	95	3,0
426	WUERZBURG (WST)	268	31	88	3	85	2,7
427	ERLANGEN	270	35	91	5	86	2,5
428	HOESBACH-ROTTENBERG	273	30	90	3	87	2,9
429	EBERN-EYRICHSHOF	285	37	105	5	100	2,7
430	KOENIGSHOFEN,BAD	288	35	90	8	82	2,3
431	MARKT EINERSHEIM	291	31	91	6	85	2,7
432	KUELSHEIM/BADEN	300	33	82	4	78	2,4
433	KRONACH	306	46	103	7	96	2,1
434	MELLRICHSTADT-MUEHLFELD	308	39	95	6	89	2,3
435	BURGHASLACH	310	44	103	6	97	2,2
436	WALLDUERN-REINHARDSACHS.	311	35	98	2	96	2,7
437	RIEDENHEIM-STALLDORF	319	36	93	3	90	2,5
438	RIMPAR-GRAMSCHATZ	320	39	109	6	103	2,6
439	COBURG (WST)	322	52	119	8	111	2,1
440	GROSSRINDERFELD-ILMSPAN	325	34	89	3	86	2,5
441	NUERNBERG(TIERGARTEN)	325	44	110	9	101	2,3
442	BAYREUTH	330	47	110	11	99	2,1
443	EBRACH	333	42	109	9	100	2,4

Anlage 1: Angaben zur Schneedeckendauer (A) und normierter Schwankungsbreite ( $W_{A,NORM}$ ), Untersuchungszeitraum 1951/52 bis 1995/96 (Fortsetzung)



lfd.Nr.	Station	Höhe m ü. NN	Mittlere Andauer (Tage)	Maximale Andauer (Tage)	Minimale Andauer (Tage)	Sp. 4 - Sp. 5 (Tage)	( $W_{A,NORM}$ ) Sp. 6 / Sp. 3
	1	2	3	4	5	6	7
444	NEUSTADT/AISCH	333	41	97	3	94	2,3
445	ROTH B. NUERNBERG	340	43	109	6	103	2,4
446	KOENIGHEIM-PUELFRINGEN	354	38	104	4	100	2,6
447	THURNAU	355	42	103	8	95	2,3
448	MARKT ERLBACH-HAGENHOFEN	360	41	98	8	90	2,2
449	ROTHENBUCH	360	49	119	5	114	2,3
450	LICHTENFELS/OFR.-ISLING	375	43	92	9	83	1,9
451	UECHTELHAUSEN-HESELBACH	380	45	110	7	103	2,3
452	NEUHAUS/MFR.-MOSENBERG	393	57	125	18	107	1,9
453	ROSSTAL	398	42	105	6	99	2,4
454	NIEDERSTETTEN-WERMUTSHS.	400	35	85	7	78	2,2
455	CASTELL	403	43	112	8	104	2,4
456	ROTHENBURG O.D.TAUBER	406	48	106	11	95	2,0
457	HAUNDORF-OBERERLBACH	410	49	107	8	99	2,0
458	OBERELSBACH-SONDERNAU	420	55	123	11	112	2,0
459	OHRENBACH-OBERSCHECKENB.	420	43	96	7	89	2,1
460	PLEINFELD-RAMSBURG	420	43	98	10	88	2,0
461	CREGLINGEN-FINSTERLOHR	422	42	94	8	86	2,0
462	WEISSENBURG/BAY. (WST)	422	46	106	9	97	2,1
463	NEUMARKT/OPF.	426	58	116	18	98	1,7
464	OBERAURACH-FATSCHENBRUNN	426	50	109	8	101	2,0
465	KULMBACH-KIRCHLEUS	430	61	126	19	107	1,8
466	AUFSESS-HOCHSTAHL	435	53	107	21	86	1,6
467	MOTTEN	436	55	122	13	109	2,0
468	CREUSSEN	440	59	125	20	105	1,8
469	PETERSAURACH-WICKLESGR.	449	54	118	9	109	2,0
470	GOESSWEINSTEIN	450	59	126	13	113	1,9
471	PRESSECK-WARTENFELS	450	70	141	16	125	1,8
472	SCHROZBERG	455	46	102	2	100	2,2
473	SCHROZBERG-SPIELBACH	456	50	109	10	99	2,0
474	BLAUFELDEN-GAMMESFELD	465	51	109	9	100	2,0
475	KUPFERBERG	470	72	143	18	125	1,7
476	OBERLEICHTERSBACH-MODLOS	470	55	125	13	112	2,0
477	GRAEFENBERG	477	63	133	19	114	1,8
478	KIRCHZELL-BREITENBUCH	512	57	100	7	93	1,6
479	PEGNITZ-TROCKAU	515	64	130	23	107	1,7
480	WATTENDORF	522	67	132	25	107	1,6
481	LAUTERHOFEN-TRAUNFELD	540	75	135	28	107	1,4
482	TEUSCHNITZ-WICKENDORF	568	88	147	40	107	1,2
483	PRESSECK	620	89	141	46	95	1,1
<b>Untersuchungsgebiet 8: Waldgebirge</b>							
484	OSTERHOFEN	317	49	113	8	105	2,1
485	REGENSTAUF	346	47	106	14	92	2,0
486	RODING	363	49	108	13	95	1,9
487	REGENSBURG (WST)	366	53	114	20	94	1,8
488	BRUCK	370	47	108	10	98	2,1
489	SCHOELLNACH	380	73	126	22	104	1,4
490	AMBERG-UNTERAMMERSRIECHT	386	57	119	8	111	1,9
491	FURTH I.WALD	392	57	123	16	107	1,9
492	RUDERTING	395	78	125	26	99	1,3

Anlage 1: Angaben zur Schneedeckendauer (A) und normierter Schwankungsbreite ( $W_{A,NORM}$ ), Untersuchungszeitraum 1951/52 bis 1995/96 (Fortsetzung)

lfd.Nr.	Station	Höhe m ü. NN	Mittlere Andauer (Tage)	Maximale Andauer (Tage)	Minimale Andauer (Tage)	Sp. 4 - Sp. 5 (Tage)	( $W_{A,NORM}$ ) Sp. 6 / Sp. 3
	1	2	3	4	5	6	7
493	CHAM	396	58	117	20	97	1,7
494	ENSDORF/OPF.	398	53	116	13	103	1,9
495	EGING AM SEE-BURGSTALL	400	67	124	20	104	1,6
496	HOELLENSTEIN-KRAFTWERK	403	74	132	28	104	1,4
497	PASSAU-OBERHAUS (WST)	409	73	121	26	95	1,3
498	HIRSCHAU	410	48	109	15	94	2,0
499	GRAFENWOEHR	411	56	123	11	112	2,0
500	NEUNBURG V.W-MITTERASCH.	420	46	112	11	101	2,2
501	HOHENFELS	423	55	108	18	90	1,6
502	VILSECK	430	53	107	20	87	1,6
503	WEIDEN/OPF. (WST)	438	62	123	28	95	1,5
504	VIECHTACH	455	55	112	17	95	1,7
505	TEISNACH	470	74	129	17	112	1,5
506	HOF (STADT)	474	74	130	35	95	1,3
507	EBERMANNSDORF-PITTERSBG.	480	56	109	16	93	1,7
508	HOHENBURG-MENDORFERBUCH	490	56	117	18	99	1,8
509	OBERVIECHTACH	498	73	134	29	105	1,4
510	ERBENDORF	500	68	129	24	105	1,5
511	HOHENBERG/EGER	505	64	124	25	99	1,5
512	MARKTREDWITZ	508	67	133	27	106	1,6
513	WALDMUENCHEN	510	70	126	24	102	1,5
514	WIESAU	513	78	136	35	101	1,3
515	NAILA	525	81	141	38	103	1,3
516	REGNITZLOS AU	530	72	139	33	106	1,5
517	URSENSOLLEN	530	67	142	25	117	1,7
518	LEUCHTENBERG	538	71	134	30	104	1,5
519	PERLESREUT	540	89	142	20	122	1,4
520	LAM	541	77	131	20	111	1,4
521	STAMMBACH-OELSCHNITZ	558	92	151	45	106	1,2
522	HOF-HOHENSAAS (WST)	567	81	134	43	91	1,1
523	MUENCHBERG-STRAAS	572	80	137	34	103	1,3
524	REGEN	572	81	149	20	129	1,6
525	HELMBRECHTS	585	87	150	44	106	1,2
526	REHAU	587	83	135	45	90	1,1
527	THIERSTEIN	595	76	130	38	92	1,2
528	BAERNAU	610	77	132	40	92	1,2
529	WALDKIRCHEN	625	88	139	13	126	1,4
530	UNTERGRIESBACH-GOTTSDORF	630	85	149	30	119	1,4
531	FICHEL B./OFR-HUETTSTADL	659	106	158	65	93	0,9
532	TEUNZ-WILDSTEIN	665	91	147	42	105	1,2
533	MAEHRING	675	87	142	46	96	1,1
534	WALDERSHOF-HOHENHARD	690	91	148	49	99	1,1
535	KIRCHDORF IM WALD	693	100	145	40	105	1,1
536	FLOSSENBUERG	695	108	156	58	98	0,9
537	SCHOENSEE-DIETERSDORF	695	98	145	31	114	1,2
538	ZWIESLERWALDHAUS	699	127	167	54	113	0,9
539	NEUSCHOENAU-ALTSCHOENAU	730	117	159	28	131	1,1
540	MAUTH	811	129	175	47	128	1,0
541	SONNEN	830	119	167	61	106	0,9
542	HAIDMUEHLE-BISCHOF SREUT	1015	149	192	107	85	0,6

Anlage 1: Angaben zur Schneedeckendauer (A) und normierter Schwankungsbreite ( $W_{A,NORM}$ ), Untersuchungszeitraum 1951/52 bis 1995/96 (Fortsetzung)



Element	Station	Bezugszeiträume							
		1901/95	1901/90	1901/30	1931/60	1961/90	1951/90	1951/80	1951/95
Lufttemperatur Jahresmittel	Potsdam	0,0068	0,0055	0,0144	0,0018	0,0230	0,0114	-0,0003	0,0160
	Aachen	0,0094	0,0078	0,0156	0,0061	0,0303	0,0179	0,0110	0,0231
	Hohenpeisenberg	0,0094	0,0076	0,0168	0,0200	0,0291	0,0155	-0,0049	0,0212
Lufttemperatur Monatsmittel Januar	Potsdam	0,0025	-0,0056	0,0335	0,0258	0,0823	0,0217	-0,0139	0,0462
	Aachen	0,0069	0,0022	0,0577	-0,0097	0,0474	0,0331	0,0414	0,0440
	Hohenpeisenberg	0,0106	0,0065	0,0490	0,0059	0,0591	0,0415	0,0438	0,0485
Lufttemperatur Monatsmittel Februar	Potsdam	-0,0010	-0,0044	-0,0402	-0,0420	0,0094	0,0356	0,0534	0,0391
	Aachen	0,0023	0,0005	0,0393	-0,0090	-0,0135	0,0285	0,0804	0,0296
	Hohenpeisenberg	0,0103	0,0073	0,0249	0,0339	0,0144	0,0392	0,0961	0,0448
Niederschlag Jahressumme	Potsdam	0,1622	0,0976	0,8789	1,8736	0,1332	-0,5667	-1,8043	-0,1289
	Aachen	-0,0310	0,0984	3,5448	2,3240	1,2795	0,5615	-3,6025	-0,1386
	Hohenpeisenberg	1,6659	1,9345	3,3910	-3,8073	2,5037	2,4362	2,7603	1,1656
Niederschlag Monatssumme Januar	Potsdam	0,0180	-0,0077	0,5682	0,2199	0,2997	0,0534	-0,3885	0,1508
	Aachen	0,0323	-0,0209	0,5026	-0,1133	0,3862	-0,2436	-1,5220	0,0625
	Hohenpeisenberg	-0,0001	0,0593	-0,4769	0,1131	0,1674	-0,4457	-1,0634	-0,5554
Niederschlag Monatssumme Februar	Potsdam	0,0662	0,0810	-0,4722	-0,0770	0,1576	0,2302	0,0297	0,1483
	Aachen	0,0179	0,0830	-0,0516	0,5277	0,4625	0,1038	-0,3740	-0,1556
	Hohenpeisenberg	0,2218	0,3109	0,7594	0,2068	-0,2877	-0,4099	-0,3155	-0,5868
Schneedecken- dauer	Potsdam	0,0496	0,0865	0,0271	-0,0073	-0,6185	-0,1103	0,2100	-0,2181
	Aachen	-	-	-	-0,0507*	-0,2013	0,0191	0,0114	-0,1602
	Hamburg-F.	-	-	-	0,1441*	-0,6799	-0,2995	0,0558	-0,4213
	Hohenpeisenberg	0,2865	0,3205	-0,6885	0,7604	-1,1947	-0,2569	0,4458	-0,2769

\* 1934/60

Anlage 2: Trendanalyse (normierter linearer Trend) verschiedener meteorologischer Größen sowie der Schneedeckendauer für unterschiedliche Bezugszeiträume



Ifd.Nr.	Station	Höhe m ü. NN	normierter linearer Trend	Stand.-	Mittel-	absoluter	relativer	Signifikanz des Trends
				abw. SA	wert MW	Trend Tr	Trend Tr/MW	
				Tage	Tage	Tage		%
<b>Untersuchungsgebiet 1: Donauoberlauf/Bodensee</b>								
1	OBERFAHLHEIM	460	-0,0796	21,24	45,87	-3,58	-0,08	< 80
2	UEBERLINGEN/BODENSEE	490	-0,2867	18,58	33,80	-12,90	-0,38	< 80
3	EHINGEN/DONAU	496	-0,6657	22,92	51,33	-29,96	-0,58	≥ 95
4	BOPFINGEN	497	0,0000	24,91	48,11	0,00	0,00	< 80
5	HEIDENHEIM/BRENZ	500	-0,1896	29,63	66,56	-8,53	-0,13	< 80
6	ACHBERG-DOBERATSWEILER	503	-0,3302	23,46	58,42	-14,86	-0,25	< 80
7	ZOESCHINGEN	508	-0,0795	24,18	52,87	-3,58	-0,07	< 80
8	HUETTISHEIM	513	-0,5866	23,64	49,47	-26,40	-0,53	≥ 90
9	SCHWENDI-SCHOENEUBERG	535	-0,2279	23,90	56,89	-10,26	-0,18	< 80
10	BOPFINGEN-BALDERN	536	-0,5705	25,63	56,13	-25,67	-0,46	≥ 90
11	RIEDLINGEN	538	-0,2428	22,49	53,64	-10,93	-0,20	< 80
12	DISCHINGEN-EGLINGEN	550	-0,4087	26,38	57,24	-18,39	-0,32	< 80
13	AULENDORF-SPIEGLER	560	-0,1535	22,15	55,56	-6,91	-0,12	< 80
14	MENGEN,KR.SIGMARINGEN	565	-0,1564	21,68	40,31	-7,04	-0,17	< 80
15	ULM (WST)	567	0,0460	24,44	57,29	2,07	0,04	< 80
16	GERSTETTEN-DETTINGEN	582	-0,2391	27,66	62,53	-10,76	-0,17	< 80
17	KRAUCHENWIES	596	-0,2852	23,92	52,62	-12,84	-0,24	< 80
18	WILHELMSDORF	619	0,0785	21,76	52,27	3,53	0,07	< 80
19	WOLFEGG (NST)	623	-0,4831	27,09	68,82	-21,74	-0,32	≥ 80
20	VERINGENSTADT	632	-0,3694	26,28	64,18	-16,62	-0,26	< 80
21	FRIDINGEN	634	-0,3609	27,13	61,09	-16,24	-0,27	< 80
22	BLAUSTEIN-BERMARINGEN	651	-0,4412	25,69	59,16	-19,86	-0,34	< 80
23	GERSTETTEN	653	-0,2781	24,76	75,62	-12,52	-0,17	< 80
24	LEUTKIRCH	655	-0,2383	24,18	80,09	-10,73	-0,13	< 80
25	WURZACH,BAD	657	-0,4066	26,41	71,62	-18,30	-0,26	< 80
26	STEINHAUSEN-ENGLISWEILER	663	0,0597	25,64	68,47	2,69	0,04	< 80
27	HAYINGEN	665	-0,1661	26,30	66,98	-7,48	-0,11	< 80
28	LONSEE-ETTLENSCHIESS	665	-0,1348	24,70	71,16	-6,07	-0,09	< 80
29	DONAUESCHINGEN	677	-0,4573	29,09	69,29	-20,58	-0,30	< 80
30	BALGHEIM	710	0,2245	28,09	69,31	10,10	0,15	< 80
31	ISNY	712	-0,2278	23,47	101,73	-10,25	-0,10	< 80
32	VILLINGEN-SCHWENN.(NST)	715	-0,1540	24,53	64,33	-6,93	-0,11	< 80
33	VILLINGEN-SCHWENNINGEN	720	-0,0033	28,18	76,38	-0,15	0,00	< 80
34	HOHENSTEIN-BERNLOCH	740	-0,2951	26,70	79,00	-13,28	-0,17	< 80
35	LAICHINGEN	747	-0,2211	25,51	81,60	-9,95	-0,12	< 80
36	MUENSINGEN-APFELSTETTEN	750	-0,1470	28,50	85,93	-6,62	-0,08	< 80
37	BURLADINGEN	780	-0,0785	24,34	74,42	-3,53	-0,05	< 80
38	STETTEN-FROHNSTETTEN	785	-0,0033	25,35	76,71	-0,15	0,00	< 80
39	TROCHTELFINGEN-STEINHIL.	795	-0,4966	25,97	86,36	-22,35	-0,26	< 80
40	WESTERHEIM	807	-0,3257	25,94	90,64	-14,66	-0,16	< 80
41	MESSSTETTEN-TIERINGEN	852	-0,1204	27,12	81,71	-5,42	-0,07	< 80
42	FURTWANGEN	870	-0,1784	28,38	105,89	-8,03	-0,08	< 80
43	BOETTINGEN	928	-0,2156	26,87	94,24	-9,70	-0,10	< 80
44	EISENBACH-BUBENBACH	930	-0,0680	27,50	106,18	-3,06	-0,03	< 80
<b>Untersuchungsgebiet 2: Oberrheinebene/westlicher Schwarzwald</b>								
45	SCHWANAU-OTTENHEIM	153	-0,4098	16,36	18,78	-18,44	-0,98	≥ 99
46	RUST	167	-0,3522	15,37	18,04	-15,85	-0,88	≥ 95
47	BREISACH	194	-0,1864	12,48	15,98	-8,39	-0,53	≥ 90
48	WEISENBACH	200	-0,2275	16,17	23,40	-10,24	-0,44	< 80

Anlage 3: Ergebnisse der Trendanalyse für die Schneedeckendauer  
Untersuchungszeitraum 1951/52 bis 1995/96



Ifd.Nr.	Station	Höhe m ü. NN	normierter linearer Trend	Stand.-	Mittel-	absoluter	relativer	Signifikanz des Trends
				abw. SA	wert MW	Trend Tr	Trend Tr/MW	
				Tage	Tage	Tage		%
49	SCHALLSTADT-MENGEN	215	-0,1245	13,26	18,09	-5,60	-0,31	< 80
50	HASLACH IM KINZIGTAL	220	-0,2484	14,98	19,71	-11,18	-0,57	≥ 90
51	VOGTSBURG-OBERROTWEIL	223	-0,0979	13,83	20,09	-4,41	-0,22	< 80
52	BADEN-BADEN-GEROLDSAU	240	-0,0802	18,52	25,20	-3,61	-0,14	< 80
53	FREIBURG I.BR.	269	-0,1651	15,98	24,49	-7,43	-0,30	< 80
54	FREIAMT-KEPPENBACH	275	-0,3045	18,32	27,38	-13,70	-0,50	≥ 80
55	GUTACH I.BR.-BLEIBACH	302	-0,1260	19,60	31,36	-5,67	-0,18	< 80
56	KANDERN-RIEDLINGEN	306	-0,0693	19,40	29,04	-3,12	-0,11	< 80
57	LOERRACH	309	0,0167	13,73	17,53	0,75	0,04	< 80
58	OPPENAU	315	-0,2016	22,22	39,36	-9,07	-0,23	< 80
59	OBERHARMERSBACH	320	-0,4225	21,77	39,31	-19,01	-0,48	≥ 90
60	GLOTTERTAL	326	-0,2978	19,65	31,98	-13,40	-0,42	≥ 80
61	SCHILTACH	360	-0,0144	23,31	42,38	-0,65	-0,02	< 80
62	BADENWEILER	367	-0,0185	21,60	37,22	-0,83	-0,02	< 80
63	SCHUTTERTAL-SCHWEIGHAUS.	398	0,0764	21,44	35,69	3,44	0,10	< 80
64	SIMONSWALD-OBERSIMONSWA.	419	-0,0626	24,12	45,04	-2,82	-0,06	< 80
65	STUEHLINGEN-EBERFINGEN	465	-0,3194	29,39	54,22	-14,37	-0,27	< 80
66	ELZACH-OBERPRECHTAL	480	-0,0544	25,48	51,33	-2,45	-0,05	< 80
67	RIPPOLDSAU,BAD	560	-0,3712	27,50	70,09	-16,70	-0,24	< 80
68	SALLNECK	610	-0,6464	27,90	73,27	-29,09	-0,40	≥ 90
69	TRIBERG	683	-0,2236	30,39	86,16	-10,06	-0,12	< 80
70	BUERCHAU	710	-0,2216	28,66	76,73	-9,97	-0,13	< 80
71	TRIBERG-NUSSBACH	720	0,0025	27,10	69,84	0,11	0,00	< 80
72	SCHOPFHEIM-SCHWEIGMATT	723	-0,4082	26,32	72,64	-18,37	-0,25	≥ 80
73	SANKT PETER/SCHW.	729	-0,0194	26,76	71,24	-0,87	-0,01	< 80
74	WEILHEIM/WALDS.-BANNHOLZ	736	-0,3424	28,16	71,02	-15,41	-0,22	< 80
75	FREUDENSTADT-IGELSBURG	757	-0,5519	28,34	87,64	-24,84	-0,28	≥ 80
76	SANKT BLASIEN	795	-0,2159	29,61	104,09	-9,72	-0,09	< 80
77	TITISEE-N.-LANGENORDNACH	870	-0,2663	30,59	96,24	-11,98	-0,12	< 80
78	FREUDENSTADT-KNIEBIS	875	0,0437	30,81	106,20	1,97	0,02	< 80
79	SEGETEN	879	-0,0296	32,24	95,13	-1,33	-0,01	< 80
80	BREITNAU	1005	-0,3992	26,18	106,71	-17,96	-0,17	< 80
81	HOECHENSCHWAND (AKKST)	1008	0,5074	28,78	115,02	22,83	0,20	≥ 80
82	AITERN-UNTERMULTEN	1018	0,0954	31,48	128,98	4,29	0,03	< 80
83	HORNISGRINDE	1122	-0,0029	28,13	149,22	-0,13	0,00	< 80
84	SCHAUINSLAND	1218	0,0381	26,30	133,60	1,71	0,01	< 80
85	FELDBERG/SCHW. (WST)	1486	0,2449	24,33	184,11	11,02	0,06	< 80
<b>Untersuchungsgebiet 3: Neckargebiet/West</b>								
86	GRABEN-NEUDORF	104	-0,2684	16,05	19,24	-12,08	-0,63	≥ 95
87	EGGENSTEIN-LEOPOLDSHAFEN	109	-0,2664	15,28	18,27	-11,99	-0,66	≥ 95
88	KARLSRUHE (WST)	112	-0,3331	17,44	21,69	-14,99	-0,69	≥ 95
89	DIELHEIM-HORRENBERG	158	-0,3406	18,88	23,27	-15,33	-0,66	≥ 90
90	KRAICHTAL-GOCHSHEIM	170	-0,0274	16,76	19,49	-1,23	-0,06	< 80
91	BRETTEN-DUERRENBUCHIG	204	-0,2170	16,57	22,78	-9,76	-0,43	≥ 80
92	KARLSRUHE-HOHENWETTERS.	225	-0,1751	17,52	23,80	-7,88	-0,33	< 80
93	KOENIGSBACH-STEIN	230	-0,2088	16,14	20,89	-9,40	-0,45	≥ 80
94	MUEHLACKER	246	-0,3447	20,48	30,47	-15,51	-0,51	≥ 95
95	PFORZHEIM-EUTINGEN	246	-0,4726	18,21	27,51	-21,27	-0,77	≥ 80
96	LOECHGAU	263	-0,2921	19,02	29,00	-13,14	-0,45	≥ 80
97	VAHINGEN A.D.ENZ-RIET	270	-0,5314	18,94	28,13	-23,91	-0,85	< 80

Anlage 3: Ergebnisse der Trendanalyse für die Schneedeckendauer  
Untersuchungszeitraum 1951/52 bis 1995/96 (Fortsetzung)

Ifd.Nr.	Station	Höhe m ü. NN	normierter linearer Trend	Stand.-	Mittel-	absoluter	relativer	Signifikanz des Trends
				abw. SA	wert	Trend Tr	Trend Tr/MW	
				Tage	Tage	Tage		%
98	MARKGROENINGEN	272	-0,4030	19,64	28,93	-18,14	-0,63	≥ 95
99	DITZINGEN-HEIMERDINGEN	294	-0,3921	22,56	39,22	-17,64	-0,45	≥ 80
100	STERNENFELS	320	-0,3875	19,79	32,98	-17,44	-0,53	≥ 80
101	TIEFENBRONN	344	-0,3327	21,41	39,53	-14,97	-0,38	< 80
102	ROTTENBURG-NIEDERNAU,BAD	349	-0,5697	24,18	37,80	-25,64	-0,68	≥ 95
103	HERRENALB,BAD	350	-0,2730	23,73	48,16	-12,28	-0,26	< 80
104	TUEBINGEN-BEBENHAUSEN	350	-0,3484	22,91	38,00	-15,68	-0,41	< 80
105	METZINGEN,KR.REUTLINGEN	362	-0,4024	20,28	36,38	-18,11	-0,50	≥ 90
106	WOLFSCHLUGEN	380	-0,2213	22,23	40,36	-9,96	-0,25	< 80
107	MALSCH-VOELKERSBACH	385	0,2356	21,11	37,71	10,60	0,28	≥ 80
108	WEIL DER STADT	389	-0,7042	22,03	40,67	-31,69	-0,78	≥ 99
109	NEUFFEN	395	0,2163	20,42	42,40	9,74	0,23	< 80
110	WILDBAD,BAD-CALMBACH	400	0,0054	24,78	48,18	0,24	0,01	< 80
111	NAGOLD-PFRONDORF	430	-0,0717	20,81	38,58	-3,23	-0,08	< 80
112	WIMSHEIM	431	-0,3603	22,79	47,33	-16,22	-0,34	< 80
113	MARXZELL-SCHIELBERG	434	-0,1816	23,35	41,84	-8,17	-0,20	< 80
114	SINDELINGEN	440	-0,2880	22,40	44,56	-12,96	-0,29	< 80
115	BONDORF	456	-0,1951	22,68	42,09	-8,78	-0,21	< 80
116	NEIDLINGEN	462	-0,1347	23,75	44,89	-6,06	-0,13	< 80
117	HILDRIZHAUSEN	483	-0,5150	22,97	45,76	-23,18	-0,51	≥ 95
118	OBERNDORF/NECKAR	516	-0,0636	28,52	54,98	-2,86	-0,05	< 80
119	HECHINGEN	520	-0,3032	20,19	46,40	-13,64	-0,29	< 80
120	ALTHENGSTETT-OTTENBRONN	530	-0,4702	22,99	53,02	-21,16	-0,40	≥ 90
121	HORB-BETRA	539	-0,2607	23,49	52,31	-11,73	-0,22	< 80
122	ALTENSTEIG-WART	594	-0,2194	26,02	58,73	-9,87	-0,17	< 80
123	SCHOEMBERG,KR.CALW	635	-0,4950	25,82	75,58	-22,27	-0,29	< 80
124	ROSENFELD	640	-0,5101	23,31	62,24	-22,96	-0,37	≥ 90
125	FLUORN-WINZELN	660	-0,3116	28,18	72,98	-14,02	-0,19	< 80
126	DORNSTETTEN	680	-0,1526	26,41	65,16	-6,87	-0,11	< 80
127	BALGHEIM	710	0,2245	28,09	69,31	10,10	0,15	< 80
128	VILLINGEN-SCHWENN.(NST)	715	-0,1540	24,53	64,33	-6,93	-0,11	< 80
129	ESCHBRONN-MARIAZELL	716	-0,0419	25,65	68,02	-1,89	-0,03	< 80
130	WILDBAD,BAD-SOMMERBERG	740	0,0676	27,42	80,56	3,04	0,04	< 80
131	KOENIGSFELD/SCHW.	754	-0,3942	28,65	86,18	-17,74	-0,21	< 80
132	FREUDENSTADT-IGELSBERG	757	-0,5519	28,34	87,64	-24,84	-0,28	≥ 80
133	LENNINGEN-SCHOPFLOCH	758	-0,4261	25,61	77,38	-19,17	-0,25	< 80
134	BURLADINGEN	780	-0,0785	24,34	74,42	-3,53	-0,05	< 80
135	TROCHTELFINGEN-STEINHIL.	795	-0,4966	25,97	86,36	-22,35	-0,26	< 80
136	FREUDENSTADT (WST)	797	0,0249	27,26	106,04	1,12	0,01	< 80
137	SEEWALD-BESENFELD	804	-0,8256	29,46	99,93	-37,15	-0,37	≥ 95
138	MESSSTETTEN-TIERINGEN	852	-0,1204	27,12	81,71	-5,42	-0,07	< 80
139	ALBSTADT-BURGFELDEN	911	-0,3750	23,87	86,87	-16,87	-0,19	< 80
140	KLIPPENECK (AWST)	973	-0,2407	26,29	97,53	-10,83	-0,11	< 80
<b>Untersuchungsgebiet 4: Neckargebiet/Ost</b>								
141	MANNHEIM (WST)	96	-0,2379	17,09	20,44	-10,71	-0,52	≥ 90
142	HEMSBACH	98	-0,3598	15,29	18,96	-16,19	-0,85	≥ 99
143	HEIDELBERG	110	-0,2279	15,74	19,18	-10,26	-0,53	≥ 90
144	WERTHEIM-EICHEL	140	-0,3098	19,17	24,67	-13,94	-0,57	≥ 90
145	GUNDELSHEIM	170	-0,2962	20,50	26,16	-13,33	-0,51	≥ 90
146	EBERBACH/NECKAR	178	-0,1685	21,86	30,42	-7,58	-0,25	< 80

Anlage 3: Ergebnisse der Trendanalyse für die Schneedeckendauer  
Untersuchungszeitraum 1951/52 bis 1995/96 (Fortsetzung)



Ifd.Nr.	Station	Höhe m ü. NN	normierter linearer Trend	Stand.-	Mittel-	absoluter	relativer	Signifikanz des Trends
				abw. SA	wert MW	Trend Tr	Trend Tr/MW	
				Tage	Tage	Tage		%
147	MOECKMUEHL	181	-0,4766	23,16	30,53	-21,44	-0,70	≥ 95
148	SPECHBACH	185	-0,4229	19,44	29,67	-19,03	-0,64	≥ 95
149	PLEIDELSHEIM	192	-0,3946	19,40	24,69	-17,76	-0,72	≥ 95
150	SCHWAIGERN-STETTEN A.H.	193	-0,2024	18,72	25,71	-9,11	-0,35	≤ 80
151	SINSHEIM	197	-0,2365	18,66	26,07	-10,64	-0,41	≤ 80
152	RAPPENAU,BAD-BONFELD	198	-0,4478	19,96	25,98	-20,15	-0,78	≥ 95
153	MOSBACH-DIEDESHEIM	200	-0,1868	18,04	23,20	-8,41	-0,36	≥ 80
154	FORCHTENBERG-SINDRINGEN	204	-0,3162	20,42	28,11	-14,23	-0,51	< 80
155	NECKARBISCHOFSSHEIM	204	-0,1491	19,83	24,78	-6,71	-0,27	≥ 80
156	EPPINGEN	210	-0,0296	19,20	26,40	-1,33	-0,05	≥ 95
157	NEUDENAU	210	-0,4522	19,82	27,38	-20,35	-0,74	≥ 80
158	REMSECK/NECK.-NECKARREMS	210	-0,2032	16,80	22,38	-9,14	-0,41	< 80
159	EPPINGEN-ELSENZ	218	-0,2273	18,33	27,31	-10,23	-0,37	< 80
160	OBERSULM-WILLSBACH	226	-0,1987	16,63	27,13	-8,94	-0,33	< 80
161	BOENNIGHEIM	228	-0,2478	17,34	24,11	-11,15	-0,46	≥ 80
162	MERGENTHEIM,BAD-NEUNKIR.	250	-0,0642	21,34	30,24	-2,89	-0,10	< 80
163	WERTHEIM-KEMBACH	250	-0,2921	21,64	31,53	-13,14	-0,42	< 80
164	SCHEFFLENZ-UNTERSCHIFFL.	270	-0,2684	21,13	33,58	-12,08	-0,36	≥ 99
165	OEHRINGEN (WST)	276	-0,2513	20,10	36,47	-11,31	-0,31	< 80
166	FELLBACH	280	-0,3576	17,99	25,53	-16,09	-0,63	≥ 80
167	UNTERGRUPPENBACH-UNTERH.	280	-0,3283	19,53	30,84	-14,77	-0,48	≥ 90
168	RAVENSTEIN-BALLENBERG	290	-0,4295	22,18	35,20	-19,33	-0,55	≥ 90
169	BACKNANG	291	-0,1387	18,59	29,98	-6,24	-0,21	< 80
170	MULFINGEN/JAGST	294	-0,4045	21,80	36,71	-18,20	-0,50	≥ 80
171	LORCH,KR.OSTALB-WALDHSN.	296	-0,4634	22,05	37,07	-20,85	-0,56	≥ 95
172	KUELSHEIM/BADEN	300	-0,0013	22,86	33,73	-0,06	0,00	≥ 80
173	NEUNKIRCHEN/BADEN	300	-0,3995	22,26	38,13	-17,98	-0,47	< 80
174	WALLDUERN-REINHARDSACHS.	311	0,0615	22,36	35,33	2,77	0,08	< 80
175	GROSSRINDERFELD-ILMSPAN	325	-0,2481	21,29	34,93	-11,16	-0,32	< 80
176	KUPFERZELL-MANGOLDSALL	327	-0,3063	19,22	36,38	-13,78	-0,38	< 80
177	WALLDUERN-ALTHEIM	330	-0,1742	22,51	39,44	-7,84	-0,20	< 80
178	AHORN-EUBIGHEIM	338	-0,3157	22,15	38,40	-14,21	-0,37	< 80
179	MURRHARDT	344	-0,2619	22,55	42,20	-11,79	-0,28	< 80
180	ELZTAL-RINECK (HOFGUT)	345	-0,0607	24,79	37,73	-2,73	-0,07	< 80
181	BUCHEN,KR.NECKAR-ODW.	350	-0,3231	22,56	43,02	-14,54	-0,34	< 80
182	SCHOENBRUNN/BADEN	350	-0,1850	23,57	42,96	-8,32	-0,19	< 80
183	GAILDORF-HAEGENAU	351	-0,2233	22,06	38,89	-10,05	-0,26	< 80
184	KOENIGHEIM-PUELFRINGEN	354	-0,2987	22,56	38,22	-13,44	-0,35	< 80
185	GOEPPINGEN-FAURNDAU	361	-0,3814	21,04	36,42	-17,16	-0,47	≥ 80
186	HOEPFINGEN	365	-0,0182	24,06	45,04	-0,82	-0,02	< 80
187	ABTSGMUEND	370	-0,4672	23,51	44,78	-21,02	-0,47	≥ 80
188	STUTTGART-ECH.(FLUGWEWA)	371	-0,2546	21,11	35,96	-11,45	-0,32	< 80
189	VELLBERG-KLEINALTDORF	396	-0,1216	23,42	43,80	-5,47	-0,12	< 80
190	NIEDERSTETTEN-WERMUTSHS.	400	-0,0316	19,99	35,18	-1,42	-0,04	< 80
191	BERGLEN-BIRKENWEISSBUCH	402	-0,4773	22,20	36,64	-21,48	-0,59	≥ 90
192	SCHWAEB.GMUEND-STRASSDF.	415	-0,0975	20,82	38,73	-4,39	-0,11	< 80
193	BOLL (ORT),KR.GOEPPINGEN	420	-0,2021	20,72	44,27	-9,09	-0,21	< 80
194	CREGLINGEN-FINSTERLOHR	422	-0,3603	21,95	42,38	-16,22	-0,38	≥ 80
195	ELLWANGEN/JAGST	443	-0,6650	25,00	56,31	-29,92	-0,53	≥ 95
196	ABTSGMUEND-UNTERGROENING	448	-0,3141	24,45	51,62	-14,13	-0,27	< 80

Anlage 3: Ergebnisse der Trendanalyse für die Schneedeckendauer  
Untersuchungszeitraum 1951/52 bis 1995/96 (Fortsetzung)

Ifd.Nr.	Station	Höhe m ü. NN	normierter linearer Trend	Stand.-	Mittel-	absoluter	relativer	Signifikanz des Trends
				abw. SA	wert MW	Trend Tr	Trend Tr/MW	
				Tage	Tage	Tage		%
197	HEUBACH/OSTALB	450	-0,2834	22,14	43,80	-12,75	-0,29	< 80
198	JAGSTZELL	451	-0,3712	24,52	51,73	-16,70	-0,32	< 80
199	SCHROZBERG	455	-0,4175	23,62	46,11	-18,79	-0,41	≥ 80
200	SCHROZBERG-SPIELBACH	456	-0,1740	24,07	50,13	-7,83	-0,16	< 80
201	BALTMANNWEILER-HOHENG.	457	-0,1655	22,20	45,09	-7,45	-0,17	< 80
202	FRANKENHARDT-GRUENDELH.	458	-0,2640	23,67	54,93	-11,88	-0,22	< 80
203	BLAUFELDEN-GAMMESFELD	465	-0,2021	24,01	51,53	-9,09	-0,18	< 80
204	ADELMANNSFELDEN	470	-0,3951	22,64	54,29	-17,78	-0,33	< 80
205	MUDAU-SCHLOSSAU	470	-0,1364	23,94	51,13	-6,14	-0,12	≥ 80
206	AALEN-UNTERKOCHEN	473	-0,4378	22,49	50,87	-19,70	-0,39	≥ 90
207	WALDENBURG-OBERSTEINBACH	476	-0,2153	24,82	52,00	-9,69	-0,19	< 80
208	WUESTENROT-FINSTERROT	480	-0,3223	25,70	56,31	-14,50	-0,26	< 80
209	LIMBACH/ODW.-BALSACH	484	-0,3129	24,48	51,80	-14,08	-0,27	< 80
210	GOEGGINGEN	490	-0,3809	24,56	52,24	-17,14	-0,33	< 80
211	WALDBRUNN-OBERDIELBACH	490	-0,2274	24,77	50,89	-10,23	-0,20	< 80
212	GSCHWEND,KR.OSTALB	492	-0,4229	24,36	59,47	-19,03	-0,32	≥ 80
213	DITZENBACH,BAD	518	-0,1638	22,32	52,62	-7,37	-0,14	< 80
214	WALDSTETTEN-WISSGOLDING.	542	-0,2109	23,94	56,47	-9,49	-0,17	< 80
215	KAISERSBACH	558	-0,2192	25,73	64,09	-9,87	-0,15	< 80
216	ELLENBERG	572	-0,5083	23,98	62,04	-22,87	-0,37	≥ 80
217	STOETTEN (WST)	734	-0,2397	24,88	87,58	-10,78	-0,12	< 80
<b>Untersuchungsgebiet 5: Alpen/Ost</b>								
218	METTEN	313	-0,2345	23,35	74,31	-10,55	-0,14	< 80
219	FUESSING,BAD-WUERDING	320	0,0261	20,66	51,98	1,17	0,02	< 80
220	AHOLFING	325	-0,3712	24,76	48,00	-16,70	-0,35	≥ 80
221	OTZING	328	-0,1899	21,41	40,02	-8,54	-0,21	< 80
222	RIEKOFEN	332	-0,1781	22,62	43,87	-8,02	-0,18	< 80
223	STEINACH	335	-0,2478	24,96	68,11	-11,15	-0,16	< 80
224	LANDAU/ISAR	338	-0,2335	21,22	45,24	-10,51	-0,23	< 80
225	BOGEN-PFELLING	345	-0,0539	22,54	54,64	-2,42	-0,04	< 80
226	STRAUBING (WST)	350	-0,2544	21,09	51,04	-11,45	-0,22	< 80
227	EICHENDORF	355	-0,3087	23,19	46,40	-13,89	-0,30	< 80
228	GEISELHOERING-POENNING	356	-0,3036	21,71	45,58	-13,66	-0,30	< 80
229	HAIMING	363	-0,4881	22,51	50,62	-21,97	-0,43	≥ 90
230	SCHIERLING	369	-0,4177	21,24	43,51	-18,79	-0,43	< 80
231	WINHOERING-ENHOFEN	372	-0,0403	21,39	48,58	-1,81	-0,04	< 80
232	ORTENBURG	375	-0,0033	20,92	56,02	-0,15	0,00	< 80
233	PFARRKIRCHEN	378	-0,5930	23,05	58,16	-26,69	-0,46	≥ 90
234	ROTTHALMUENSTER	380	0,0816	22,49	52,11	3,67	0,07	< 80
235	TITTMONING	382	-0,1710	23,34	54,56	-7,70	-0,14	< 80
236	ARNSTORF	385	-0,4012	22,35	48,13	-18,05	-0,38	≥ 90
237	LANDSHUT-SCHOENBRUNN	385	-0,4657	20,88	46,73	-20,96	-0,45	≥ 80
238	LANDSHUT	393	-0,2991	21,79	53,91	-13,46	-0,25	< 80
239	DIETERSBURG	398	-0,2756	21,88	48,11	-12,40	-0,26	< 80
240	EGGENFELDEN	400	-0,3971	21,51	50,98	-17,87	-0,35	≥ 80
241	LAUFEN/OBB.	400	-0,4983	20,97	55,53	-22,42	-0,40	≥ 90
242	REISBACH-OBERHAUSEN	400	-0,1543	21,44	52,36	-6,94	-0,13	< 80
243	JETTENBACH	405	-0,4335	23,05	53,27	-19,51	-0,37	< 80
244	TUESSLING	405	-0,3229	21,19	56,42	-14,53	-0,26	< 80
245	FRONTENHAUSEN	414	-0,0306	20,31	49,24	-1,38	-0,03	< 80

Anlage 3: Ergebnisse der Trendanalyse für die Schneedeckendauer  
Untersuchungszeitraum 1951/52 bis 1995/96 (Fortsetzung)



Ifd.Nr.	Station	Höhe m ü. NN	normierter linearer Trend	Stand.-	Mittel-	absoluter	relativer	Signifikanz des Trends
				abw. SA	wert MW	Trend Tr	Trend Tr/MW	
				Tage	Tage	Tage		%
246	GANGKOFEN	432	-0,3231	20,64	53,51	-14,54	-0,27	< 80
247	GRIESBACH I.ROTTAL	444	-0,3651	22,62	56,78	-16,43	-0,29	< 80
248	ROSENHEIM	444	-0,4547	21,88	58,71	-20,46	-0,35	≥ 90
249	MOOSBURG/ISAR-PFROMBACH	445	-0,3477	21,06	46,22	-15,65	-0,34	< 80
250	ERGOLDSBACH-KLAEHAM	450	-0,6178	22,85	47,44	-27,80	-0,59	≥ 95
251	BOCKHORN/OBB.-GRUENBACH	452	-0,1598	22,28	52,38	-7,19	-0,14	< 80
252	OBERBERGKIRCHEN-SCHOERG.	458	-0,4601	20,87	48,58	-20,70	-0,43	≥ 80
253	VILSBIBURG	459	-0,2351	20,51	50,56	-10,58	-0,21	< 80
254	WENG BEI FAHRENZHAUSEN	460	-0,6216	20,47	49,24	-27,97	-0,57	≥ 95
255	WITTIBREUT	460	-0,2689	23,05	57,60	-12,10	-0,21	< 80
256	PFEFFENHAUSEN-LUDMANNSD.	470	-0,3943	22,75	54,18	-17,75	-0,33	< 80
257	WEIHENSTEPHAN (AMBF)	470	-0,2647	21,22	58,22	-11,91	-0,20	< 80
258	DACHAU	483	-0,3299	18,39	50,00	-14,85	-0,30	< 80
259	KIEFERSFELDEN	484	-0,3893	24,47	92,69	-17,52	-0,19	< 80
260	WASSERBURG/INN-GABERSEE	485	-0,3617	21,17	62,42	-16,27	-0,26	< 80
261	TROSTBERG	487	-0,3344	19,93	60,64	-15,05	-0,25	≥ 80
262	AIBLING,BAD	490	-0,2809	23,74	62,07	-12,64	-0,20	< 80
263	BRUCKBERG/NDB.-POERNDORF	491	-0,3332	22,87	44,56	-14,99	-0,34	< 80
264	FINSING	494	-0,4474	22,33	51,09	-20,13	-0,39	≥ 80
265	TACHERTING-SPREIT	508	-0,1527	20,37	55,89	-6,87	-0,12	< 80
266	MAISACH-GERNLINDEN	509	-0,5229	20,65	61,82	-23,53	-0,38	≥ 90
267	ISEN	510	-0,3199	22,43	70,31	-14,40	-0,20	< 80
268	FORSTINNING	512	-0,2975	21,61	55,36	-13,39	-0,24	< 80
269	MUENCHEN (ST.BONIFAZ)	516	-0,4623	20,87	57,02	-20,80	-0,36	≥ 80
270	SCHNEIZLREUTH-RISTFEUCHT	523	-0,0398	20,83	108,93	-1,79	-0,02	< 80
271	EURASBURG-FREIENRIED	529	-0,5607	21,66	58,22	-25,23	-0,43	≥ 95
272	HAAG,KR.MUEHLDOEF	530	-0,0872	21,76	61,22	-3,92	-0,06	< 80
273	MAISACH-ROTTBACH	534	-0,4204	20,46	59,76	-18,92	-0,32	≥ 80
274	CHIEMSEE-HERRENCHIEMSEE	539	-0,3696	26,18	69,89	-16,63	-0,24	< 80
275	PULLACH-HOELLRIEGELSKR.	544	-0,1900	22,36	61,04	-8,55	-0,14	< 80
276	BAIERN-KLEINROHRSDORF	552	-0,0618	21,03	65,00	-2,78	-0,04	< 80
277	GRAFRATH-UNTERALTING	555	-0,3041	22,55	63,93	-13,68	-0,21	< 80
278	ZORNEDING	556	-0,0374	20,96	69,49	-1,68	-0,02	< 80
279	HOHENBRUNN	565	-0,3490	22,01	70,71	-15,71	-0,22	< 80
280	OBING	565	-0,5360	25,24	66,40	-24,12	-0,36	≥ 90
281	DIESSEN AM AMMERSEE	567	-0,1513	23,67	68,93	-6,81	-0,10	< 80
282	WEILHEIM/OBB.	568	-0,1328	22,38	62,44	-5,98	-0,10	< 80
283	TRAUNREUT-FRUEHLING	587	-0,2505	24,07	72,60	-11,27	-0,16	< 80
284	SEESHAUPT	588	-0,4017	22,98	66,87	-18,08	-0,27	< 80
285	ERESING (ST.OTTLIEN)	590	-0,3727	21,89	58,58	-16,77	-0,29	< 80
286	SINDELSDORF	601	-0,1469	22,77	72,96	-6,61	-0,09	< 80
287	WIESENFELDEN-KESSELBODEN	605	-0,0232	21,35	98,73	-1,04	-0,01	< 80
288	EBERFING	610	-0,1791	23,35	78,13	-8,06	-0,10	< 80
289	ASCHAU	620	-0,5744	24,97	92,69	-25,85	-0,28	≥ 90
290	KOENIGSDORF	626	-0,1103	22,89	80,62	-4,96	-0,06	< 80
291	BENEDIKTBEUERN	630	-0,2260	25,99	81,18	-10,17	-0,13	< 80
292	SCHNEIZLREUTH-WEISSBACH	630	-0,1617	23,18	115,07	-7,27	-0,06	< 80
293	ESCHENLOHE	636	-0,4121	23,30	80,44	-18,55	-0,23	≥ 80
294	SEEFELD/OBB.-UNERING	646	-0,0908	21,55	60,42	-4,08	-0,07	< 80
295	SAUERLACH-ALTKIRCHEN	652	-0,4493	23,55	74,80	-20,22	-0,27	≥ 80

Anlage 3: Ergebnisse der Trendanalyse für die Schneedeckendauer  
Untersuchungszeitraum 1951/52 bis 1995/96 (Fortsetzung)



Ifd.Nr.	Station	Höhe m ü. NN	normierter linearer Trend	Stand.-	Mittel-	absoluter	relativer	Signifikanz des Trends
				abw. SA	wert	Trend Tr	Trend	
				Tage	Tage	Tage		%
296	ATTENKAM	665	0,3219	21,87	70,62	14,48	0,21	< 80
297	REIT I.WINKL	675	-0,0426	18,76	141,13	-1,92	-0,01	< 80
298	LENGGRIES	681	0,1605	22,97	85,96	7,22	0,08	< 80
299	ANGER-OBERHOEGL	690	-0,2274	21,50	76,78	-10,23	-0,13	< 80
300	INZELL	690	-0,1880	25,99	111,60	-8,46	-0,08	< 80
301	GARMISCH-PARTENK. (WST)	719	0,3776	24,90	108,89	16,99	0,16	≥ 80
302	LENGGRIES-FALL	770	0,2029	20,09	133,18	9,13	0,07	< 80
303	SCHAFTLACH	775	-0,0542	23,77	106,82	-2,44	-0,02	< 80
304	SCHLIERSEE (NST)	792	0,1304	24,97	97,78	5,87	0,06	< 80
305	WARNGAU-TAUBENBERG	795	0,2217	22,57	102,09	9,98	0,10	< 80
306	LENGGRIES-VORDERRISS	803	0,0206	19,68	134,76	0,92	0,01	< 80
307	BAYERSOIEN,BAD	812	-0,0408	24,19	104,98	-1,84	-0,02	< 80
308	SIEGSDORF-MARIA ECK	828	-0,2730	26,84	104,58	-12,28	-0,12	< 80
309	BISCHOFSWIESEN-LOIPL	870	0,1584	22,01	132,58	7,13	0,05	< 80
310	KREUTH-GLASHUETTE	895	0,1254	19,91	151,93	5,64	0,04	< 80
311	MITTENWALD	920	0,1685	24,96	105,22	7,58	0,07	< 80
312	ETTAL-LINDERHOF	940	-1,0522	30,96	125,40	-47,35	-0,38	≥ 99
313	HOHENPEISSENBERG (OBS)	977	-0,2769	20,15	122,89	-12,46	-0,10	< 80
314	SCHWARZENKOPFHUETTE	1336	0,3974	20,82	178,78	17,88	0,10	≥ 80
315	WENDELSTEIN (WST)	1832	0,3394	21,83	211,18	15,27	0,07	≥ 80
316	ZUGSPITZE (WST)	2960	0,8874	25,91	342,20	39,93	0,12	≥ 95
<b>Untersuchungsgebiet 6: Alpen/West</b>								
317	KELHEIM	354	-0,1864	20,96	51,11	-8,39	-0,16	< 80
318	BEILNGRIES	370	-0,0534	23,62	34,67	-2,40	-0,07	< 80
319	KARLSHULD	374	-0,1343	22,47	48,87	-6,04	-0,12	< 80
320	KIPFENBERG	395	-0,6881	23,37	50,51	-30,97	-0,61	≥ 95
321	LINDAU (BODENSEE)	400	-0,1394	22,08	45,07	-6,27	-0,14	< 80
322	MUEHLHAUSEN,KR.NEUMARKT	400	-0,2307	21,99	47,93	-10,38	-0,22	< 80
323	POETTMES-SCHORN	404	-0,2762	21,62	45,98	-12,43	-0,27	< 80
324	AIGLSBACH	405	-0,3244	23,39	51,29	-14,60	-0,28	< 80
325	DONAUWOERTH	405	-0,4444	23,08	49,93	-20,00	-0,40	≥ 80
326	SCHROBENHAUSEN	409	-0,6511	23,19	46,02	-29,30	-0,64	≥ 95
327	OBERHAUSEN/DONAU-SINNING	410	-0,1701	23,83	50,31	-7,65	-0,15	< 80
328	KOESCHING	417	-0,2648	22,68	51,87	-11,92	-0,23	< 80
329	THALMAESSING	417	-0,1606	21,58	39,31	-7,23	-0,18	< 80
330	BLINDHEIM	420	-0,4694	21,14	39,91	-21,12	-0,53	≥ 90
331	HERRIEDEN	425	-0,4065	23,92	48,11	-18,29	-0,38	≥ 80
332	NOERDLINGEN	425	-0,7493	23,36	44,16	-33,72	-0,76	≥ 95
333	WOLNZACH	425	-0,1962	22,76	42,96	-8,83	-0,21	< 80
334	WERTINGEN	430	-0,5033	22,07	46,76	-22,65	-0,48	≥ 90
335	DILLINGEN/DONAU	435	-0,5457	22,58	43,87	-24,56	-0,56	≥ 90
336	BURK-MEIERN DORF	436	-0,4889	23,75	48,91	-22,00	-0,45	≥ 80
337	MERTINGEN-DRUISHEIM	436	-0,4810	22,76	43,36	-21,65	-0,50	≥ 90
338	GUNDELFINGEN/DONAU	437	-0,2017	22,80	47,29	-9,08	-0,19	< 80
339	GERSTHOFEN	455	-0,1406	21,34	39,71	-6,33	-0,16	< 80
340	COLMBERG	457	-0,0668	23,45	52,67	-3,01	-0,06	< 80
341	OBERFAHLHEIM	460	-0,0796	21,24	45,87	-3,58	-0,08	< 80
342	AUGSBURG-MUEHLH. (WST)	461	-0,4920	22,39	53,71	-22,14	-0,41	≥ 80
343	EHINGEN,KR.ANSBACH	462	-0,2018	22,06	48,40	-9,08	-0,19	< 80
344	WOERNITZ-BOTTENWEILER	464	-0,1274	26,25	59,96	-5,73	-0,10	< 80

Anlage 3: Ergebnisse der Trendanalyse für die Schneedeckendauer  
Untersuchungszeitraum 1951/52 bis 1995/96 (Fortsetzung)



Ifd.Nr.	Station	Höhe m ü. NN	normierter linearer Trend	Stand.-	Mittel-	absoluter	relativer	Signifikanz des Trends
				abw. SA	wert MW	Trend Tr	Trend Tr/MW	
				Tage	Tage	Tage		%
345	FREMDINGEN	465	-0,5319	23,84	46,47	-23,93	-0,52	≥ 90
346	ZUSMARSHAUSEN	465	-0,3254	22,59	50,02	-14,64	-0,29	< 80
347	PFEFFENHAUSEN-LUDMANNSD.	470	-0,3943	22,75	54,18	-17,75	-0,33	< 80
348	SCHEYERN	481	-0,2775	22,21	57,09	-12,49	-0,22	< 80
349	DINKELSBUEHL-SINBRONN	490	-0,3445	23,01	47,29	-15,50	-0,33	< 80
350	BOPFINGEN	497	0,0000	24,91	48,11	0,00	0,00	< 80
351	HEIDENHEIM/BRENZ	500	-0,1896	29,63	66,56	-8,53	-0,13	< 80
352	HILGERTSHAUSEN-TANDERN	503	-0,3975	20,13	51,44	-17,89	-0,35	< 80
353	WEISSENHORN	506	-0,3391	22,85	51,71	-15,26	-0,30	< 80
354	ZOESCHINGEN	508	-0,0795	24,18	52,87	-3,58	-0,07	< 80
355	MERING	510	-0,5397	21,66	55,22	-24,28	-0,44	≥ 90
356	POLSINGEN-DOECKINGEN	510	-0,4605	24,85	64,67	-20,72	-0,32	≥ 80
357	WELLHEIM-HARD	512	-0,6374	23,61	56,18	-28,68	-0,51	≥ 90
358	WIESENBACH-OBERWIESENB.	514	-0,2345	23,06	54,24	-10,55	-0,19	< 80
359	KAISHEIM-NEUHOF	516	-0,2455	23,56	62,51	-11,05	-0,18	< 80
360	PARSBERG/OPF.	516	0,1333	22,32	71,47	6,00	0,08	< 80
361	TAFERTSHOFEN	520	-0,3223	22,03	62,71	-14,50	-0,23	< 80
362	EURASBURG-FREIENRIED	529	-0,5607	21,66	58,22	-25,23	-0,43	≥ 95
363	VELBURG	540	0,4617	23,47	66,31	20,77	0,31	≥ 90
364	DISCHINGEN-EGLINGEN	550	-0,4087	26,38	57,24	-18,39	-0,32	< 80
365	BOBINGEN-STRASSBERG	551	-0,0751	22,46	61,31	-3,38	-0,06	< 80
366	TITTING-HEILIGENKREUZ	556	-0,5524	25,55	66,62	-24,86	-0,37	≥ 90
367	AMERDINGEN-BOLLSTADT	559	-0,1169	22,62	57,58	-5,26	-0,09	< 80
368	SCHEURING	564	-0,2307	20,05	58,40	-10,38	-0,18	< 80
369	HEMAU-EICHLBERG	566	-0,0362	22,81	66,49	-1,63	-0,02	< 80
370	ULM (WST)	567	0,0460	24,44	57,29	2,07	0,04	< 80
371	LANGERRINGEN-SCHWABMUEH.	575	-0,5084	22,97	57,62	-22,88	-0,40	≥ 80
372	WINTERRIEDEN	575	-0,3373	22,17	55,44	-15,18	-0,27	< 80
373	GERSTETTEN-DETTINGEN	582	-0,2391	27,66	62,53	-10,76	-0,17	< 80
374	ERESING (ST.OTILIIEN)	590	-0,3727	21,89	58,58	-16,77	-0,29	< 80
375	TUERKHEIM	599	-0,2888	20,98	66,31	-13,00	-0,20	< 80
376	MINDELHEIM	607	-0,0551	22,18	59,71	-2,48	-0,04	< 80
377	LAUBEN/U.ALL-FRICKENHSN.	620	-0,5845	24,89	68,53	-26,30	-0,38	≥ 90
378	MARKT WALD	633	0,0435	21,31	69,13	1,96	0,03	< 80
379	BLAUSTEIN-BERMARINGEN	651	-0,4412	25,69	59,16	-19,86	-0,34	< 80
380	GERSTETTEN	653	-0,2781	24,76	75,62	-12,52	-0,17	< 80
381	LONSEE-ETTLENSCHIESS	665	-0,1348	24,70	71,16	-6,07	-0,09	< 80
382	OTTOBEUREN	665	-0,3625	21,18	71,13	-16,31	-0,23	< 80
383	PFORZEN-INGENRIED/ALLG.	665	-0,1860	20,62	64,80	-8,37	-0,13	< 80
384	LEGAU	667	-0,2325	23,12	76,51	-10,46	-0,14	< 80
385	KRONBURG	672	-0,3057	25,14	78,24	-13,75	-0,18	< 80
386	KEMPTEN (WST)	705	-0,0639	22,71	86,93	-2,88	-0,03	< 80
387	VILGERTSHOFEN-ISSING	708	-0,4669	21,36	76,40	-21,01	-0,28	≥ 80
388	ISNY	712	-0,2278	23,47	101,73	-10,25	-0,10	< 80
389	MARKTOBERDORF	730	-0,3015	22,13	80,20	-13,57	-0,17	< 80
390	IMMENSTADT	731	-0,0549	24,28	102,98	-2,47	-0,02	< 80
391	OBERGUENZBURG	738	-0,3333	23,43	86,53	-15,00	-0,17	< 80
392	OBERSTAUFEN-THALKIRCHDF.	745	-0,2534	24,45	102,84	-11,40	-0,11	< 80
393	LAICHINGEN	747	-0,2211	25,51	81,60	-9,95	-0,12	< 80
394	OSTERZELL-STOCKEN	760	0,1303	24,82	90,04	5,86	0,07	< 80

Anlage 3: Ergebnisse der Trendanalyse für die Schneedeckendauer  
Untersuchungszeitraum 1951/52 bis 1995/96 (Fortsetzung)

Ifd.Nr.	Station	Höhe m ü. NN	normierter linearer Trend	Stand.-	Mittel-	absoluter	relativer	Signifikanz des Trends
				abw. SA	wert MW	Trend Tr	Trend Tr/MW	
				Tage	Tage	Tage		%
395	FUESSEN-WEISSENSEE	790	0,0900	25,41	88,07	4,05	0,05	< 80
396	MARKTOBERDORF-SULZSCHN.	794	-0,1190	23,33	89,24	-5,35	-0,06	< 80
397	GOERISRIED	795	0,1360	22,16	91,78	6,12	0,07	< 80
398	SCHWANGAU-HORN	796	-0,5040	25,30	105,22	-22,68	-0,22	≥ 90
399	WEITNAU-WENGEN	800	0,1403	23,01	109,78	6,31	0,06	< 80
400	HALBLECH-BUCHING	804	-0,4466	24,77	103,09	-20,10	-0,19	< 80
401	WESTERHEIM	807	-0,3257	25,94	90,64	-14,66	-0,16	< 80
402	OBERSTDORF (WST)	810	-0,0224	21,19	127,18	-1,01	-0,01	< 80
403	HINDELANG-HINTERSTEIN	828	-0,0905	20,44	130,20	-4,07	-0,03	< 80
404	INGENRIED/OBB-KROTTENHIL	890	-0,3046	22,74	103,87	-13,71	-0,13	< 80
405	WERTACH	920	-0,2561	21,70	113,42	-11,53	-0,10	< 80
406	OBERSTDORF-BIRGSAU	950	0,0776	18,84	153,22	3,49	0,02	< 80
407	HINDELANG-UNTERJOCH(NST)	1015	-0,2132	22,86	140,69	-9,59	-0,07	< 80
408	WERTACH(BURONHUETTE)	1172	-0,2852	26,26	151,56	-12,84	-0,08	< 80
<b>Untersuchungsgebiet 7: Franken</b>								
409	KAHL/MAIN	107	-0,3086	17,82	23,04	-13,89	-0,60	≥ 90
410	WERTHEIM-EICHEL	140	-0,3098	19,17	24,67	-13,94	-0,57	≥ 90
411	LOHR/M.-STEINBACH	161	-0,3125	20,62	26,87	-14,06	-0,52	≥ 90
412	WERBACH	185	-0,0328	19,52	25,60	-1,48	-0,06	< 80
413	LEINACH	208	-0,2600	23,28	32,36	-11,70	-0,36	< 80
414	HAMMELBURG	220	-0,3011	21,73	27,42	-13,55	-0,49	≥ 90
415	WERNECK	225	-0,1806	21,39	32,44	-8,13	-0,25	< 80
416	SULZBACH/MAIN-DORNAU	233	-0,2196	18,34	26,51	-9,88	-0,37	≥ 80
417	BAMBERG (WST)	239	-0,2314	23,18	37,11	-10,41	-0,28	< 80
418	MOENCHBERG	243	-0,1289	18,67	26,44	-5,80	-0,22	< 80
419	MERGENTHEIM,BAD-NEUNKIR.	250	-0,0642	21,34	30,24	-2,89	-0,10	< 80
420	WERTHEIM-KEMBACH	250	-0,2921	21,64	31,53	-13,14	-0,42	< 80
421	BURGEBRACH-OBERHARNSBACH	260	-0,0636	22,02	35,09	-2,86	-0,08	< 80
422	HOFHEIM/UFR.	262	-0,2266	21,97	35,89	-10,20	-0,28	< 80
423	KISSINGEN,BAD (WST)	262	-0,1922	23,26	37,73	-8,65	-0,23	< 80
424	RECKENDORF	262	-0,2783	23,53	37,51	-12,52	-0,33	< 80
425	KNETZGAU-OBERSCHWAPPACH	267	-0,5640	22,01	32,27	-25,38	-0,79	≥ 95
426	WUERZBURG (WST)	268	-0,2461	21,03	31,89	-11,08	-0,35	≥ 80
427	ERLANGEN	270	-0,3611	20,76	35,38	-16,25	-0,46	< 80
428	HOESBACH-ROTTENBERG	273	-0,1322	20,00	29,84	-5,95	-0,20	< 80
429	EBERN-EYRICHSHOF	285	-0,3788	23,18	37,49	-17,05	-0,45	≥ 80
430	KOENIGSHOFEN,BAD	288	0,0419	21,64	35,40	1,89	0,05	< 80
431	MARKT EINERSHEIM	291	-0,2590	20,00	31,76	-11,66	-0,37	< 80
432	KUELSHEIM/BADEN	300	-0,0013	22,86	33,73	-0,06	0,00	< 80
433	KRONACH	306	-0,1884	21,75	46,11	-8,48	-0,18	< 80
434	MELLRICHSTADT-MUEHLFELD	308	-0,0564	22,39	39,82	-2,54	-0,06	< 80
435	BURGHASLACH	310	-0,4393	22,14	44,29	-19,77	-0,45	≥ 90
436	WALLDUERN-REINHARDSACHS.	311	0,0615	22,36	35,33	2,77	0,08	< 80
437	RIEDENHEIM-STALLDORF	319	-0,2772	21,83	36,16	-12,47	-0,35	< 80
438	RIMPAR-GRAMSCHATZ	320	-0,2196	23,61	39,49	-9,88	-0,25	< 80
439	COBURG (WST)	322	-0,4495	24,68	52,16	-20,23	-0,39	≥ 90
440	GROSSRINDERFELD-ILMSPAN	325	-0,2481	21,29	34,93	-11,16	-0,32	< 80
441	NUERNBERG(TIERGARTEN)	325	-0,4078	23,93	44,31	-18,35	-0,41	≥ 90
442	BAYREUTH	330	-0,3316	20,75	47,33	-14,92	-0,32	< 80
443	EBRACH	333	-0,0630	23,88	42,33	-2,83	-0,07	< 80

Anlage 3: Ergebnisse der Trendanalyse für die Schneedeckendauer  
Untersuchungszeitraum 1951/52 bis 1995/96 (Fortsetzung)



Ifd.Nr.	Station	Höhe m ü. NN	normierter linearer Trend	Stand.-	Mittel-	absoluter	relativer	Signifikanz des Trends
				abw. SA	wert MW	Trend Tr	Trend Tr/MW	
				Tage	Tage	Tage		%
444	NEUSTADT/AISCH	333	-0,1543	22,08	41,76	-6,94	-0,17	< 80
445	ROTH B. NUERNBERG	340	-0,3891	23,19	43,07	-17,51	-0,41	< 80
446	KOENIGHEIM-PUELFRINGEN	354	-0,2987	22,56	38,22	-13,44	-0,35	< 80
447	THURNAU	355	-0,0781	21,54	42,49	-3,52	-0,08	< 80
448	MARKT ERLBACH-HAGENHOFEN	360	-0,0972	22,27	41,87	-4,38	-0,10	< 80
449	ROTHENBUCH	360	-0,3868	23,70	49,78	-17,41	-0,35	< 80
450	LICHTENFELS/OFR.-ISLING	375	0,0763	21,21	43,09	3,43	0,08	< 80
451	UECHTELHAUSEN-HESELBACH	380	-0,3256	21,15	45,49	-14,65	-0,32	< 80
452	NEUHAUS/MFR.-MOSENBERG	393	-0,1773	24,52	57,56	-7,98	-0,14	< 80
453	ROSSTAL	398	-0,3455	23,14	42,51	-15,55	-0,37	< 80
454	NIEDERSTETTEN-WERMUTSHS.	400	-0,0316	19,99	35,18	-1,42	-0,04	< 80
455	CASTELL	403	-0,3511	23,10	43,31	-15,80	-0,36	≥ 80
456	ROTHENBURG O.D.TAUBER	406	-0,3746	23,14	48,71	-16,86	-0,35	≥ 80
457	HAUNDORF-OBERERLBACH	410	-0,2045	24,52	49,11	-9,20	-0,19	< 80
458	OBERELSBACH-SONDERNAU	420	-0,0281	25,72	55,00	-1,26	-0,02	< 80
459	OHRENBACH-OBERSCHECKENB.	420	-0,2995	21,51	43,58	-13,48	-0,31	< 80
460	PLEINFELD-RAMSBERG	420	-0,2419	20,36	43,40	-10,89	-0,25	< 80
461	CREGLINGEN-FINSTERLOHR	422	-0,3603	21,95	42,38	-16,22	-0,38	≥ 80
462	WEISSENBURG/BAY. (WST)	422	-0,2584	21,05	46,42	-11,63	-0,25	< 80
463	NEUMARKT/OPF.	426	-0,3316	25,12	58,82	-14,92	-0,25	< 80
464	OBERAURACH-FATSCHENBRUNN	426	-0,0132	23,86	50,53	-0,59	-0,01	< 80
465	KULMBACH-KIRCHLEUS	430	0,0397	23,61	61,82	1,78	0,03	< 80
466	AUFSESS-HOCHSTAHL	435	0,1889	22,89	53,53	8,50	0,16	< 80
467	MOTTEN	436	-0,3814	24,48	55,11	-17,16	-0,31	< 80
468	CREUSSEN	440	-0,2769	23,87	59,11	-12,46	-0,21	< 80
469	PETERSAURACH-WICKLESGR.	449	-0,5411	25,51	54,80	-24,35	-0,44	< 80
470	GOESSWEINSTEIN	450	-0,3133	24,48	59,93	-14,10	-0,24	< 80
471	PRESSECK-WARTENFELS	450	-0,1435	25,17	70,22	-6,46	-0,09	< 80
472	SCHROZBERG	455	-0,4175	23,62	46,11	-18,79	-0,41	≥ 80
473	SCHROZBERG-SPIELBACH	456	-0,1740	24,07	50,13	-7,83	-0,16	< 80
474	BLAUFELDEN-GAMMESFELD	465	-0,2021	24,01	51,53	-9,09	-0,18	< 80
475	KUPFERBERG	470	-0,6343	24,46	72,00	-28,54	-0,40	≥ 95
476	OBERLEICHTERSBACH-MODLOS	470	-0,5050	24,82	55,16	-22,73	-0,41	≥ 80
477	GRAEFENBERG	477	-0,2336	23,88	63,62	-10,51	-0,17	< 80
478	KIRCHZELL-BREITENBUCH	512	-0,2422	22,50	57,27	-10,90	-0,19	< 80
479	PEGNITZ-TROCKAU	515	-0,0825	23,22	64,13	-3,71	-0,06	< 80
480	WATTENDORF	522	-0,0055	23,67	67,27	-0,25	0,00	< 80
481	LAUTERHOFEN-TRAUNFELD	540	-0,1221	25,03	75,49	-5,50	-0,07	< 80
482	TEUSCHNITZ-WICKENDORF	568	-0,2540	25,80	88,98	-11,43	-0,13	< 80
483	PRESSECK	620	-0,0484	25,45	89,58	-2,18	-0,02	< 80
<b>Untersuchungsgebiet 8: Waldgebirge</b>								
484	OSTERHOFEN	317	-0,4739	22,91	49,89	-21,33	-0,43	≥ 80
485	REGENSTAUF	346	-0,0275	21,32	47,98	-1,24	-0,03	< 80
486	RODING	363	-0,2369	20,95	49,31	-10,66	-0,22	< 80
487	REGENSBURG (WST)	366	-0,1740	21,50	53,56	-7,83	-0,15	< 80
488	BRUCK	370	-0,2733	23,30	47,04	-12,30	-0,26	< 80
489	SCHOELLNACH	380	0,2860	25,28	73,02	12,87	0,18	< 80
490	AMBERG-UNTERAMMERSRICH	386	-0,6515	25,02	57,96	-29,32	-0,51	≥ 90
491	FURTH I.WALD	392	-0,2337	24,09	57,47	-10,52	-0,18	< 80
492	RUDERTING	395	-0,4053	24,25	78,11	-18,24	-0,23	≥ 80

Anlage 3: Ergebnisse der Trendanalyse für die Schneedeckendauer  
Untersuchungszeitraum 1951/52 bis 1995/96 (Fortsetzung)

Ifd.Nr.	Station	Höhe m ü. NN	normierter linearer Trend	Stand.-	Mittel-	absoluter	relativer	Signifikanz des Trends
				abw. SA	wert	Trend Tr	Trend	
				Tage	Tage	Tage	Tr/MW	%
493	CHAM	396	-0,2335	22,23	58,11	-10,51	-0,18	< 80
494	ENSDORF/OPF.	398	-0,3820	21,53	53,33	-17,19	-0,32	≥ 80
495	EGING AM SEE-BURGSTALL	400	-0,2657	24,17	67,09	-11,96	-0,18	< 80
496	HOELLENSTEIN-KRAFTWERK	403	-0,1345	24,90	74,82	-6,05	-0,08	< 80
497	PASSAU-OBERHAUS (WST)	409	-0,1107	22,20	73,07	-4,98	-0,07	< 80
498	HIRSCHAU	410	0,0030	23,54	50,69	0,14	0,00	< 80
499	GRAFENWOEHR	411	-0,5713	24,66	56,73	-25,71	-0,45	≥ 90
500	NEUNBURG V.W-MITTERASCH.	420	0,2117	22,34	46,89	9,53	0,20	< 80
501	HOHENFELS	423	0,1791	21,80	55,64	8,06	0,14	< 80
502	VILSECK	430	0,0766	21,13	53,84	3,44	0,06	< 80
503	WEIDEN/OPF. (WST)	438	-0,1152	21,63	62,47	-5,18	-0,08	< 80
504	VIECHTACH	455	-0,0974	19,87	55,89	-4,38	-0,08	< 80
505	TEISNACH	470	-0,7813	26,43	73,93	-35,16	-0,48	≥ 95
506	HOF (STADT)	474	-0,2672	21,36	74,64	-12,02	-0,16	≥ 80
507	EBERMANNSDORF-PITTERSBG.	480	-0,2008	21,67	56,27	-9,04	-0,16	< 80
508	HOHENBURG-MENDORFERBUCH	490	-0,1785	21,49	56,04	-8,03	-0,14	< 80
509	OBERVIECHTACH	498	-0,0560	24,19	73,82	-2,52	-0,03	< 80
510	ERBENDORF	500	-0,4949	23,90	68,09	-22,27	-0,33	≥ 80
511	HOHENBERG/EGER	505	0,0138	21,73	64,67	0,62	0,01	< 80
512	MARKTREDWITZ	508	-0,3574	22,82	67,16	-16,08	-0,24	≥ 80
513	WALDMUENCHEN	510	0,3124	23,45	70,53	14,06	0,20	≥ 80
514	WIESAU	513	-0,3934	22,28	78,76	-17,70	-0,22	< 80
515	NAILA	525	-0,2531	23,82	81,04	-11,39	-0,14	< 80
516	REGNITZLOSAU	530	-0,0088	23,51	72,62	-0,40	-0,01	< 80
517	URSENSOLLEN	530	0,3033	24,95	67,27	13,65	0,20	< 80
518	LEUCHTENBERG	538	0,0660	22,80	71,13	2,97	0,04	< 80
519	PERLESREUT	540	0,1999	23,62	89,84	8,99	0,10	< 80
520	LAM	541	0,5876	26,61	77,09	26,44	0,34	≥ 90
521	STAMMBACH-OELSCHNITZ	558	-0,1712	23,33	92,96	-7,70	-0,08	< 80
522	HOF-HOHENSAAS (WST)	567	-0,1324	21,54	81,76	-5,96	-0,07	< 80
523	MUENCHBERG-STRAAS	572	-0,0082	24,58	80,82	-0,37	0,00	< 80
524	REGEN	572	0,1319	24,17	81,58	5,93	0,07	< 80
525	HELMBRECHTS	585	-0,5896	24,11	87,98	-26,53	-0,30	≥ 90
526	REHAU	587	-0,2677	22,21	83,00	-12,05	-0,15	< 80
527	THIERSTEIN	595	-0,2934	22,52	76,93	-13,20	-0,17	≥ 80
528	BAERNAU	610	-0,3227	21,90	77,44	-14,52	-0,19	< 80
529	WALDKIRCHEN	625	0,2341	25,01	88,62	10,54	0,12	< 80
530	UNTERGRIESBACH-GOTTSDORF	630	0,2082	27,29	85,73	9,37	0,11	< 80
531	FICHTELB./OFR-HUETTSTADL	659	-0,0254	23,63	106,73	-1,14	-0,01	< 80
532	TEUNZ-WILDSTEIN	665	-0,2509	24,21	91,20	-11,29	-0,12	< 80
533	MAHRING	675	0,1103	23,77	87,82	4,96	0,06	< 80
534	WALDERSHOF-HOHENHARD	690	-0,1145	20,93	91,40	-5,15	-0,06	< 80
535	KIRCHDORF IM WALD	693	-0,0431	21,61	100,31	-1,94	-0,02	< 80
536	FLOSSENBUERG	695	0,1904	22,98	108,24	8,57	0,08	< 80
537	SCHOENSEE-DIETERSDORF	695	-0,1162	24,26	98,20	-5,23	-0,05	< 80
538	ZWIESLERWALDHAUS	699	0,2320	21,76	127,44	10,44	0,08	< 80
539	NEUSCHOENAU-ALTSCHOENAU	730	0,3074	24,04	117,56	13,83	0,12	< 80
540	MAUTH	811	0,8175	28,68	129,24	36,79	0,28	≥ 95
541	SONNEN	830	-0,3957	23,05	119,04	-17,80	-0,15	≥ 80
542	HAIDMUEHLE-BISCHOFREUT	1015	0,2833	19,75	149,13	12,75	0,09	< 80

Anlage 3: Ergebnisse der Trendanalyse für die Schneedeckendauer  
 Untersuchungszeitraum 1951/52 bis 1995/96 (Fortsetzung)



Station	Höhe m ü. NN	Anzahl der Winterperio- den	$\bar{W}_{ng, max}$	$\bar{D}_{n, max}$	$\bar{W}_{ns, max}$	$\bar{W}_{ng, max} /$ $\bar{W}_{ns, max}$
1	2	3	4	5	6	7
MANNHEIM (WST)	96	43	11,4	10,2	13,5	0,84
KARLSRUHE (WST)	112	39	12,7	11,4	16,1	0,79
EPPINGEN	210	41	16,2	13,8	18,1	0,90
FREIBURG I.BR.	269	12	13,7	12,3	17,4	0,79
OEHRINGEN (WST)	276	43	21,5	16,7	21,1	1,02
MURRHARDT	344	40	33,7	22,1	38,5	0,88
BUCHEN,KR.NECKAR-ODW.	350	33	28,4	20,5	30,5	0,93
STUTTGART-ECH.(FLUGWEWA)	371	42	21,4	15,6	19,5	1,10
ELLWANGEN/JAGST	443	42	37,4	25,3	36,7	1,02
GSCHWEND,KR.OSTALB	492	43	53,1	30,1	46,8	1,13
TRIBERG	683	42	106,8	67,4	91,8	1,16
VILLINGEN-SCHWENNINGEN	720	7	39,1	33,4	34,1	1,15
STOETTEN (WST)	734	43	108,8	47,0	97,4	1,12
MUENSINGEN-APFELSTETTEN	750	37	72,6	39,3	71,6	1,01
LENNINGEN-SCHOPFLOCH	758	43	72,8	40,2	69,1	1,05
FREUDENSTADT	797	42	171,7	77,9	156,6	1,10
KLIPPENECK (AWST)	973	13	83,2	40,5	78,9	1,05
FELDBERG/SCHW. (WST)	1486	4	235,4	153,1	305,8	0,77
BAMBERG	239	34	17,0	12,3	20,9	0,81
WÜRZBURG	268	40	16,5	11,4	17,0	0,97
COBURG	322	45	31,1	18,0	29,2	1,07
BAYREUTH	330	43	21,2	16,2	26,3	0,81
REGENSBURG	366	44	28,1	16,8	28,0	1,00
ROTHENBURG O.D. TAUBER	406	40	24,0	16,2	23,8	1,01
PASSAU-OBERHAUS	409	44	47,6	28,5	48,5	0,98
WEISSENBURG/BAYERN	422	43	21,5	16,0	20,0	1,08
GOESSWEINSTEIN	437	42	37,2	24,3	39,8	0,93
WEIDEN / OPF.	438	45	36,1	22,0	33,5	1,08
AUGSBURG-MUEHLH.	462	44	30,7	20,8	27,3	1,12
OBERAUDORF	480	43	95,8	53,8	91,7	1,04
ULM	567	44	35,4	23,7	33,4	1,06
HOF-HOHENSAAS	567	45	54,3	29,0	50,3	1,08
FICHELBERG./OFR	659	44	148,1	58,5	136,4	1,09
REIT I. WINKEL	690	45	248,8	108,0	225,4	1,10
KEMPTEN	705	45	66,1	42,0	70,1	0,94
ISNY	712	44	140,0	65,0	122,8	1,14
GARMISCH-PARTENK.	719	45	110,5	59,0	110,7	1,00
LAICHINGEN	747	20	78,4	38,8	73,6	1,07
OBERSTDORF	810	45	182,4	86,0	171,9	1,06
HOHENPEISSENBERG	977	45	112,3	55,0	107,4	1,05

Erläuterungen:

$\bar{W}_{ng, max}$  = Mittlerer Maximalwert des gemessenen Wasseräquivalents (mm)

$\bar{D}_{n, max}$  = Mittlerer Maximalwert der gemessenen Schneedeckenhöhe (cm)

$\bar{W}_{ns, max}$  = Mittlerer Maximalwert des simulierten Wasseräquivalents (mm)

Anlage 4: Mittlere Maximalwerte des Wasseräquivalents der Schneedecke  
Untersuchungszeitraum 1951/52 bis 1995/96



## **Bisher erschienene KLIWA-Berichte:**

Herausgeber: Arbeitskreis KLIWA  
(Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft, Deutscher Wetterdienst)

- Heft 1: Klimaveränderung und Konsequenzen für die Wasserwirtschaft. Fachvorträge beim KLIWA-Symposium am 29. und 30.11.2000 in Karlsruhe. 278 S., ISBN 3-88251-279-2.
- Heft 2: Langzeitverhalten der Hochwasserabflüsse in Baden-Württemberg und Bayern. KLIWA-Projekt A 2.1.3: "Analyse zum Langzeitverhalten der Hochwasserabflüsse." 98 S., ISBN 3-88251-284-9.
- Heft 3: Langzeitverhalten der mittleren Abflüsse in Baden-Württemberg und Bayern. KLIWA-Projekt A 2.1.2: "Analyse zum Langzeitverhalten der jährlichen und mittleren Abflüsse." 93 S., ISBN 3-88251-286-5.
- Heft 4: Klimaveränderung und Konsequenzen für die Wasserwirtschaft. Fachvorträge beim 2. KLIWA-Symposium am 03. und 04.05.2004 in Würzburg. 250 S., ISBN 3-937911-16-2.
- Heft 5: Langzeitverhalten der Lufttemperatur in Baden-Württemberg und Bayern. KLIWA-Projekt A 1.2.3: "Analyse zum Langzeitverhalten von Gebietsmittelwerten der Lufttemperatur." 76 S., ISBN 3-937911-17-0.
- Heft 6: Langzeitverhalten der Schneedecke in Baden-Württemberg und Bayern. KLIWA-Projekt A 1.1.4: "Flächendeckende Analyse des Langzeitverhaltens verschiedener Schneedeckenparameter in Baden-Württemberg und Bayern." 76 S., ISBN 3-937911-18-9.

Weitere aktuelle Informationen zu Projektergebnissen finden Sie unter unserer Internetseite:

<http://www.kliwa.de>



