4 ABFLUSSBILDENDE FAKTOREN DER HOCHWASSER IM MAI 1999

Wie in den vorangehenden Kapiteln aufgezeigt, zeichnen sich die Hochwasser vom Mai 1999 unter anderem dadurch aus, dass sie auch ausserhalb der eigentlichen Niederschlagszentren zu erheblichen Schäden geführt haben. Der schneereiche Lawinenwinter 1998/99 legt deshalb die Vermutung nahe, dass nebst den Niederschlägen, auf die in Abschnitt 4.3 eingegangen wird, auch das Abschmelzen der Schneedecke eine wesentliche Rolle spielte. Im nachfolgenden Kapitel wird deshalb der Zustand der Schneedecke im Frühjahr 1999 dargestellt und mit demjenigen früherer Jahre verglichen. Da aber eine Schneedecke per se nicht unbedingt hochwasserrelevant ist, sondern es erst durch ihr Abschmelzen wird, werden in Abschnitt 4.2 einige wichtige Aspekte dieses Prozesses aufgezeigt. Zudem wird der Schmelzverlauf im Frühjahr 1999 an ausgewählten Stationen erläutert.

4.1 SCHNEEDECKE

Michael Bründl, Pierluigi Calanca, Martin Laternser, Mario B. Rohrer, Urs Steinegger, Urs Stöckli

4.1.1 DATENGRUNDLAGEN UND AUSWERTUNG

Die folgenden Untersuchungen stützen sich im Wesentlichen auf das Netz der Vergleichsstationen des Eidg. Institutes für Schnee- und Lawinenforschung (SLF) (Fig. 4.1). An diesen Stationen wird jeweils am Morgen zwischen 7.00 h und 8.00 h die Lufttemperatur, die Schneetemperatur (10 cm unter der Oberfläche), die Neuschneehöhe, der Wasserwert des Neuschnees (soweit über 10 cm), die Gesamtschneehöhe, Windrichtung und -stärke gemessen. Daneben werden noch Beobachtungen für die Lawinenwarnung erhoben, die aber in diesem Zusammenhang nicht relevant sind.

An 54 SLF-Vergleichsstationen wird alle 14 Tage bei der Schneeprofilaufnahme auch der Wasserwert der Gesamtschneedecke erhoben. Von 54 Stationen liegen 28 Stationen im untersuchten Raum (d.h. ohne Wallis, Tessin und Engadin). Verschiedene Stationen sind schon seit mehr als 50 Jahren in Betrieb, womit ein umfassender, langjähriger Datensatz von direkten Wasserwertmessungen in der Schneedecke vorliegt. Die Station Weissfluhjoch (2540 m ü.M.) weist mit 63 Jahren die längste lückenlose Messreihe auf. Zu Beginn der Periode wurden die Messwerte allerdings teilweise interpoliert. 15 Stationen verfügen über 40 oder mehr Beobachtungsjahre, weitere 22 über eine Reihenlänge von 25 - 39 Jahren, 15 über eine solche von 15 - 24 Jahren und an 13 Stationen beträgt die Messdauer 8 - 14 Jahre. An 11 von den insgesamt 65 Stationen mit Wasserwertdaten wurden 1999 keine Messungen durchgeführt.

Zusätzlich standen 21 Stationen des interkantonalen Mess- und Informationssystem (IMIS) und 6 ENET-Station der MeteoSchweiz im Untersuchungsgebiet (d.h. ohne Wallis, Tessin und Engadin) zur Verfügung.

Weitere Stationen, die für die Analyse des Wasseräquivalents herangezogen wurden, sind die Stationen Mettmen-Garichte, das Messnetz im Wägital und das Messnetz Linth-Limmern im hinteren Glarnerland. Im Wägital werden seit 1943 an insgesamt 47 Standorten Schneehöhenmessungen und davon an 11 Standorten Dichtemessungen durchgeführt. Diese Stationen gehören damit neben denen des Weissfluhjoches zu den längsten Wasseräquivalentreihen der Schweiz. Im Gebiet Linth-Limmern werden an 16 Standorten seit 1963 Messungen des Wasseräquivalents durchgeführt. Eine Übersicht über die geographische Lage der verwendeten Stationen gibt Fig. 4.1.

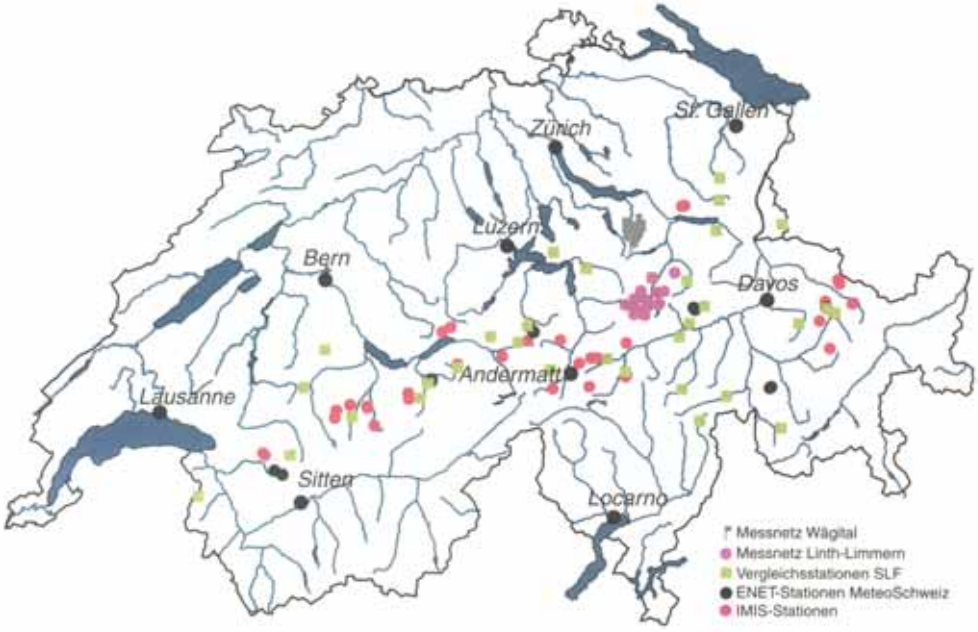

Fig. 4.1: Netz der verwendeten IMIS-Stationen, Vergleichsstationen und Messstellen des SLF sowie das ENET-Stationsnetz der MeteoSchweiz. Als weitere Stationen standen das Messnetz im Wägital und das Messnetz aus dem Gebiet Linth-Limmern zur Verfügung.

Methodik zur Analyse der Jährlichkeit

Bevor die Wiederkehrperioden von Schneehöhe und Wasseräquivalent in den verschiedenen Regionen erläutert werden, soll noch auf die grundsätzliche Problematik von Jährlichkeitsuntersuchungen eingegangen werden. Die hier vorgestellten Untersuchungen der Jährlichkeit stützen sich auf die klassische Gumbel-Methode (Gumbel, 1958). Diese Methode wurde angewendet, um eine Vergleichbarkeit mit früheren Untersuchungen zu gewährleisten. Es muss jedoch erwähnt werden, dass sich die Verteilung der Daten nicht immer optimal an die theoretische Verteilung von Gumbel anpassen lässt. Modernere Methoden würden statistisch besser gesicherte Ergebnisse liefern. Unabhängig von der verwendeten Methode liegt ein Grundproblem in der unterschiedlichen Beobachtungsdauer der verschiedenen Messstationen. Kurze Messreihen geben fast immer kleinere Wiederkehrperioden als lange Messreihen. Aus diesem Grund wurden für die folgenden Auswertungen nur Daten von Stationen mit ungefähr gleich langer Beobachtungsdauer verwendet. Zudem sollten es möglichst lange Messreihen sein, welche einige schneereiche Winter enthalten (v.a. 1945, 1951, 1960, 1966, 1968, 1970, 1975, 1980, 1981, 1982). Mit Ausnahme der Station Weissfluhjoch (ab 1937) begannen die ersten SLF-Vergleichsstationen und Messstellen ihre Aufzeichnungen in den vierziger Jahren, so dass wir heute insgesamt 41 Stationen mit mehr oder weniger lückenlosen Schneemessungen seit mindestens 1951 haben. Da diese Stationen aber nicht flächendeckend repräsentativ über den gesamten schweizerischen Alpenraum verteilt sind, mussten noch weitere Stationen zugezogen werden. Schliesslich wurde mit den Daten von 72 SLF-Stationen mit mindestens 40jährigen Reihen (Messbeginn vor 1960) gearbeitet. Dies stellt einen Kompromiss zwischen möglichst vielen Stationen (räumlich hohe Auflösung), möglichst langjährigen Stationen (Qualität der Extremwertstatistik) und möglichst gleich langer Beobachtungsdauer (Vergleichbarkeit der Extremwerte) dar.

Die oben beschriebene Problematik wird am Beispiel der SLF-Vergleichsstationen Mürren und Wengen dargestellt. Fig. 4.2 zeigt, wie problematisch die Jährlichkeitsberechnung sein kann. Grundsätzlich wird die grösste Schneehöhe jedes Winters (HS_{max}) gegen die Wiederkehrdauer (Anzahl Beobachtungen/Rang) auf einer doppelt logarithmischen Achse aufgetragen. Unter der Annahme von Gumbel-verteilten Daten kommen somit die Punkte auf einer Geraden zu liegen und die Jährlichkeit eines bestimmten Ereignisses kann einfach abgelesen werden (Schnittpunkt HS_{max} mit der Regressionsgeraden). Im Fall von Mürren liegt HS_{max} des Winters 1999 auf dem 2. Rang und die Wiederkehrdauer eines solchen Ereignisses beträgt ca. 38 Jahre

(das der linearen Regression zugrunde liegende 95%-Konfidenzintervall beträgt 33 - 43 Jahre). Offenbar wies seit Messbeginn im Winter 1948 nur der Winter 1968 eine noch grössere Schneehöhe als 1999. Im nur wenige Kilometer entfernten Wengen, das eine ähnlich lange Messreihe aufweist, wurde aber ausgerechnet im schneereichen Winter 1968 nicht gemessen. 1999 liegt somit klar auf dem 1. Rang und erhält dadurch eine hohe Wiederkehrdauer von 46 Jahren (40 - 54 Jahre). Falls 1968 auch Wengen eine grössere maximale Schneehöhe HS_{max} aufwies als 1999, so würde die Jährlichkeit des 1999er Ereignisses deutlich tiefer ausfallen. Die unterschiedlichen Maximalschneehöhen der beiden Standorte sind auch ein Hinweis auf den Einfluss der Höhe über Meer auf die maximale Schneehöhe.

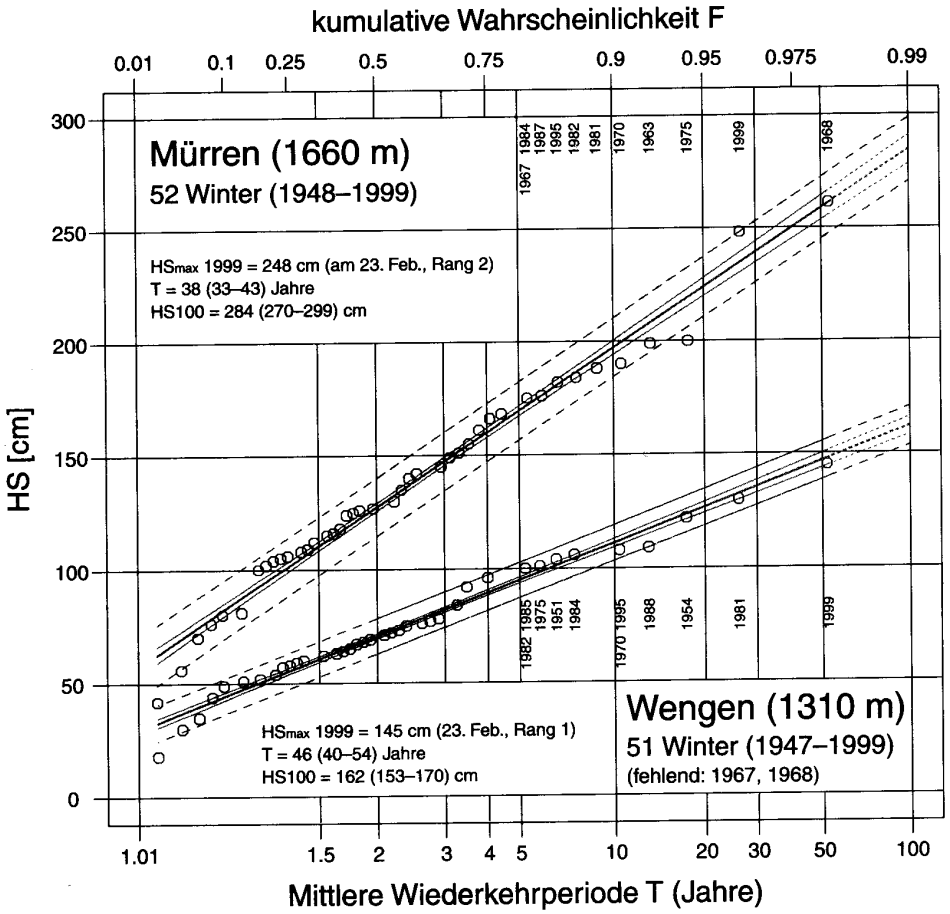

Fig. 4.2: Wiederkehrperiode (Jährlichkeit nach Gumbel-Methode) der maximalen Schneehöhe HS_{max} jedes Winters der letzten 50 Jahre für die beiden benachbarten Stationen Mürren und Wengen (Berner Oberland). 1999 erreichten beide Stationen am 23. Feb. ihre grösste Schneehöhe. Im Fall von Mürren entspricht das einer Jährlichkeit von knapp 40 Jahren (95%-Vertrauensintervall 33 - 43 Jahre, Rang 2); das 100jährige HS-Ereignis würde rund 284 cm betragen (95%- Prognoseintervall 270 - 299 cm). In Wengen hatte das 1999er Ereignis eine Jährlichkeit von rund 45 (40 - 54) Jahren (Rang 1, ohne 1968); das 100jährige Ereignis käme auf rund 162 (153 - 170) cm. Die extremsten 10 Winter sind in der Grafik gekennzeichnet.

Auf die Problematik der Aussagekraft aufgrund unterschiedlicher Messreihen wird in SLF (2000) ausführlicher eingegangen.

Fig. 4.2 zeigt an einem Beispiel, dass eine Aussage über einen grössere Raum durch eine einzelne Station stark verzerrt werden kann. Aus diesem Grund wurde versucht, regional zu interpolieren, um die räumliche Variabilität angemessen zu berücksichtigen. Als Interpolationsverfahren wurde die in der Geostatistik gebräuchliche Kriging-Methode (z.B. Cressie, 1993) verwendet, um die Jährlichkeiten der maximalen Schneehöhen und der Wasserwerte des Winters 1999 in ihrer geographischen Verteilung darzustellen.

4.1.2 SCHNEEHÖHEN

Fig. 4.3 zeigt die durchschnittliche Wiederkehrperiode der maximalen Schneehöhen (HS_{max}) des Winters 1999. Man sieht, dass die grössten Jährlichkeiten entlang des Alpennordhanges auftreten (insbesondere im zentralen und östlichen Berner Oberland sowie vom Prättigau bis nach Samnaun). Das Ereignis 1999 hat bezüglich der maximalen Schneehöhe eine Wiederkehrdauer von 20 - 40 Jahren. Die Schneehöhe hat grundsätzlich keinen direkten Einfluss auf die Abflussbildung. Eine grosse Gesamtschneehöhe kann sich je nach Zeitpunkt ihres Auftretens noch sehr stark setzen und enthält damit nicht zwingend ein hohes Wasseräquivalent. Sie erlaubt in diesem Zusammenhang jedoch eine Einordnung in das langjährige Mittel und zeigt, dass im Winter 1998/1999 vor allem auf der Alpennordseite viel Schnee in den Bergen vorhanden war.

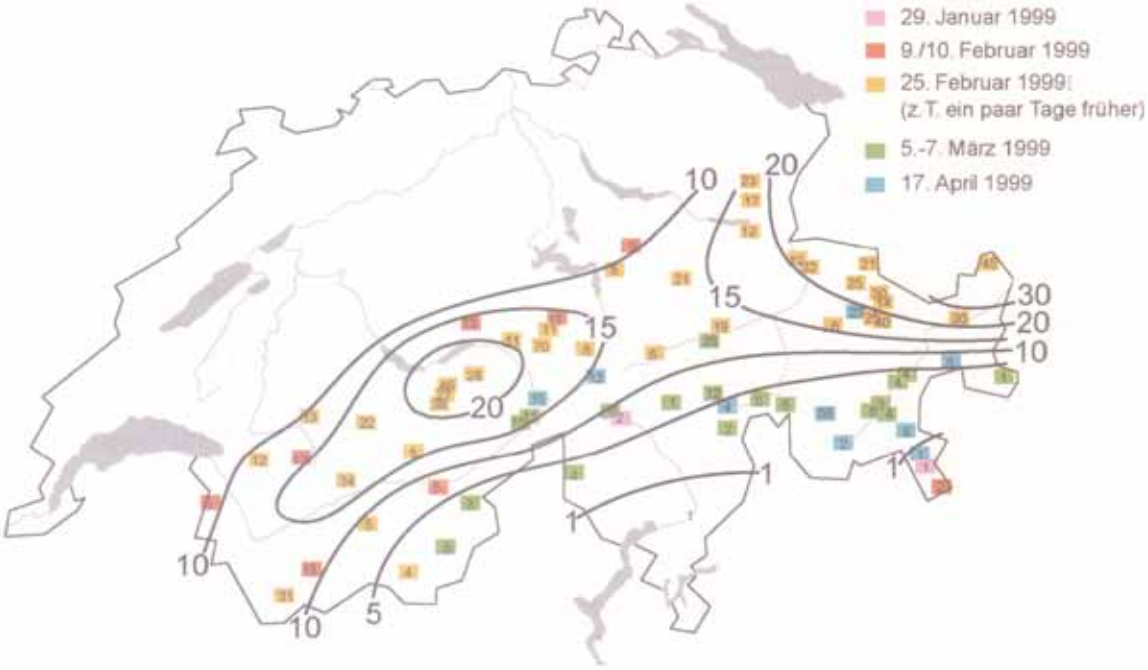

Fig. 4.3: Durchschnittliche Wiederkehrperiode der maximalen Schneehöhen HS_{max} des Winters 1999 (Isolinien). Die einzelnen Stationswerte (kleine Zahlen) sind mit verschiedenen Unsicherheiten behaftet (siehe oben) und deshalb mit Vorsicht zu interpretieren. Auffallend ist die grosse räumliche Variabilität zwischen nah beieinander liegenden Stationen. Mit Farbe sind die unterschiedlichen Zeitpunkte der Schneehöhenmaxima markiert.

Fig. 4.3 zeigt die unterschiedlichen Zeitpunkte, an denen die verschiedenen Stationen ihr Schneehöhenmaximum erreichten. Ein Grossteil der Stationen vom Unterwallis entlang dem Alpennordhang bis hin zum Unterengadin verzeichnete die grösste Schneehöhe am 25. Feb. 1999, d.h. am letzten Tag der dritten Starkschneefallperiode. Einige tiefergelegenen Stationen erreichten das Schneehöhenmaximum bereits um den 10. Feb. (während der zweiten Starkschneefallperiode), da es dort während der dritten Periode zeitweise regnete. Die hoch gelegenen Stationen (Grimsel Hospiz, Weissfluhjoch) verzeichneten ihr Schneehöhenmaximum erst im Frühjahr, nämlich während der von Süden her übergreifenden Starkschneefallperiode Mitte April. Auch Andermatt und die hoch gelegenen Oberengadiner Stationen erreichten am 17. April die grösste Schneehöhe des Winters 1999. Demgegenüber überschritten die übrigen, unter Südeinfluss stehenden

Stationen (vom Oberwallis über das Tessin, das südliche Mittelbünden bis hin zum Oberengadin und ins Münstertal) das Schneehöhenmaximum bereits in der Zeit vom 5. bis 7. März.

Im Vergleich zu früheren Jahren liegt der Winter 1999 bezüglich der maximalen Schneehöhe - mit Ausnahmen auf der Alpensüdseite, dem südlichen Wallis, Rheinwald, Avers und dem Oberengadin - unter den fünf Wintern mit den maximalen Werten innerhalb der letzten 50 Jahre. Mindestens vergleichbare Schneehöhen gab es in den Schweizer Alpen verbreitet in den Jahren 1951, 1968, 1970 (v.a. östlicher Alpennordhang), 1975 sowie 1982. Für eine detaillierte Erläuterung der aufgetretenen regionalen Unterschiede sei auf die ausführliche Studie Lawinenwinter 1999 (SLF, 2000) verwiesen.

4.1.3 WASSERÄQUIVALENT DER SCHNEEDECKE

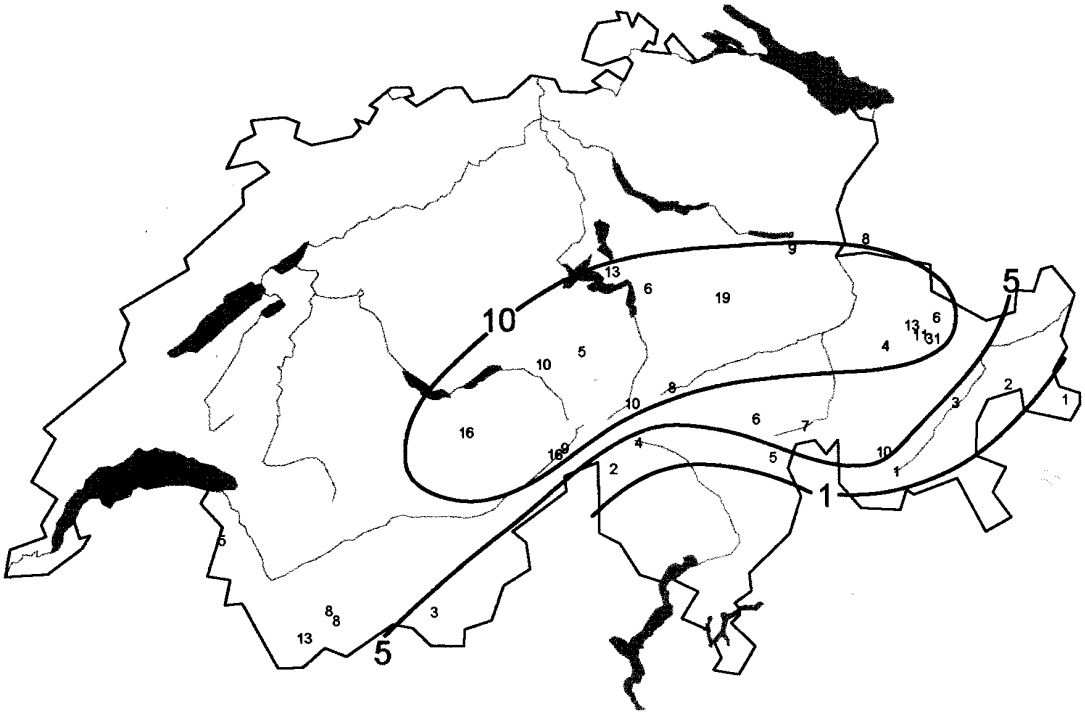

Fig. 4.4: Durchschnittliche Wiederkehrperiode der maximalen Wasserwerte der Gesamtschneedecke WE_{max} des Winters 1999 (Isolinien) sowie die einzelnen Stationswerte (kleine Zahlen).

Eine für die Abflussbildung weit wichtigere Einflussgrösse als die Gesamtschneehöhe ist das Wasseräquivalent der Schneedecke. Obwohl die Gesamtschneehöhe Ende Februar in einigen Gebieten des Berner Oberlandes eine Wiederkehrperiode von 20 - 50 Jahren aufwies, betrug die Wiederkehrperiode des Wasseräquivalents im gleichen Gebiet nur 10 - 15 Jahre. Dies verdeutlicht, dass eine grosse Schneehöhe nicht zwangsläufig auch ein grosses und damit seltenes Wasseräquivalent aufweisen muss. Wird eine grosse (seltene) Gesamtschneehöhe früh im Winter erreicht, kann sie sich stark setzen und das Wasseräquivalent ist dann im Vergleich zum langjährigen Mittel relativ gering.

Fig. 4.4 zeigt von den ausgewählten 32 Stationen mit einer Beobachtungsdauer länger als 15 Jahre die durchschnittliche Wiederkehrperiode des maximalen Wasseräquivalents der Gesamtschneedecke HW_{max} im Schweizer Alpenraum. Die Wiederkehrperiode des maximalen Wasserwertes der Schneedecke für den Winter 1998/99 beträgt am zentralen Alpennordhang sowie im Gotthardgebiet und in Nordbünden 10 - 20 Jahre, im Wallis 5 - 10 Jahre, im übrigen Graubünden rund 5 Jahre und am Alpensüdhang 1 - 5 Jahre.

Der Zeitpunkt, an dem der Maximalwert an den Stationen des SLF erreicht wurde, ist je nach Höhenlage und Region verschieden. Die Verteilung der maximalen Wasserwerte unterteilt in drei Höhenzonen (unter 1500 m ü.M., 1500 - 1800 m ü.M., über 1800 m ü.M.), wird in Tab. 9.1 im Anhang dargestellt. Der maximale

Wasserwert wurde in tieferen Lagen (unter 1500 m ü.M.) im Zeitraum Ende Februar bis Mitte März 1999 erreicht, in mittleren Lagen (1500 - 1800 m ü.M.) zwischen Mitte März und Mitte April und in höheren Lagen (über 1800 m ü.M.) und in den südlichen Gebieten meist erst Mitte April oder noch später. Auch die in Kap. 4.2.1 erläuterten Simulationen des Wasseräquivalentes der Schneedecke zeigen, dass in Höhenlagen zwischen 1800 und 2600 m ü.M. die maximalen Werte um den 25. April 1999 erreicht wurden. Höher gelegene Gebiete erhielten auch später noch Schneezuwachs. Zum Beispiel wurde am 24. Mai auf dem Claridenfirn in 2900 m ü.M. ein Wasseräquivalent von 3500 mm gemessen.

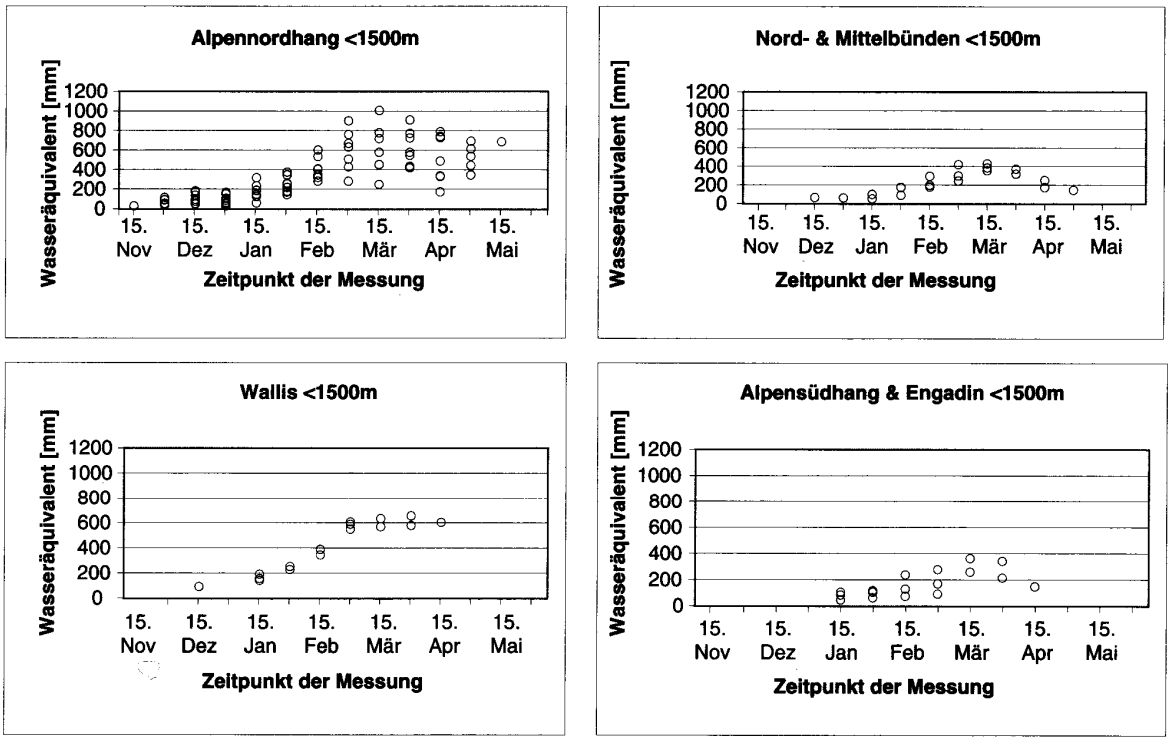

Fig. 4.5: Zeitliche Entwicklung des Wasserwertes der Gesamtschneedecke im Winter 1998/99 in vier Regionen (Alpennordhang, Nord- und Mittelbünden, Wallis, Alpensüdhang und Engadin) im Höhenbereich unter 1500 m ü.M. Ausser am Alpennordhang ist die Stationsdichte gering.

Fig. 4.5 zeigt die zeitliche Entwicklung des Wasserwertes der Schneedecke in den verschiedenen Regionen. Von Mitte Januar bis Anfang März nahm der Wasserwert überall markant zu und erreichte insbesondere am Alpennordhang mit verbreitet mehr als 600 mm überdurchnittlich hohe Werte. Am Alpensüdhang lagen im untersuchten Höhenbereich (1000 - 1500 m ü.M.) die Werte unter 400 mm.

Jahre mit vergleichbar hohen Wasseräquivalenten waren im Berner Oberland 1975, am zentralen Alpennordhang 1975 und 1982. Am östlichen Alpennordhang lag je nach Station 1970 und 1975 ein vergleichbares maximales Wasseräquivalent vor, vereinzelt auch 1982.

Klimatologisch interessant ist der neue Rekord in Davos, weil auf dieser Station schon seit mehr als 50 Jahren beobachtet wird. An der Station Weissfluhjoch oberhalb Davos liegt der maximale Wasserwert von 1999 innerhalb der 63-jährigen Messperiode auf Rang 3 (vgl. Fig. 4.6). Andere Jahre mit vergleichbar hohen Werten waren in Nordbünden 1975, im Gebiet Hinterrhein 1984 (Station Splügen) und im Gebiet Vorderrhein 1992 (Station Sedrun). An der Station Splügen (1961-1995) liegt das maximale Wasseräquivalent des Jahres 1975 eindeutig auf dem ersten Rang.

Der Vergleich der Wasseräquivalente der Schneedecke des Winters 1998/99 mit den Werten früherer Winter zeigt, dass die Schneereserven hoch, jedoch nur an gewissen Stationen maximal waren. Auch an einigen Stationen mit kürzerer Messdauer wurden neue Rekorde gemessen, so an den SLF-Stationen Gantrisch 736 mm (20 Jahre Betriebsdauer, bisheriges Maximum 646 mm), Gsteig 446 mm (11 Jahre, 366 mm),

Göscheneralp 812 mm (11 Jahre, 742 mm), Arolla 669 mm (11 Jahre, 520 mm), Davos 523 mm (53 Jahre, 472 mm), Motta Naluns 521 mm (12 Jahre, 518 mm) und Samnaun 383 mm (11 Jahre, 303 mm).

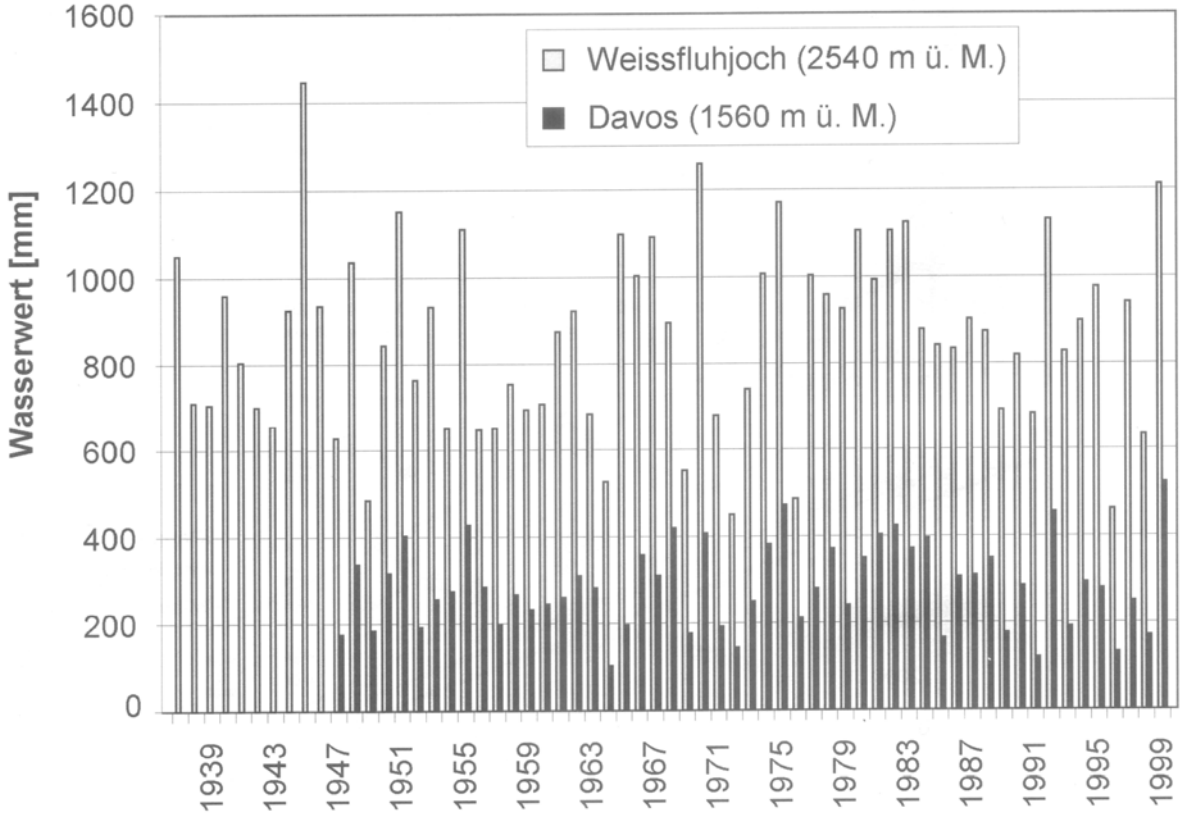

Fig. 4.6: Der maximale jährliche Wasserwert der Gesamtschneedecke WE_{max} wird in der Region Davos seit 1937 (Weissfluhjoch) resp. 1947 (Davos) gemessen.

Auch in den Schwyzer- und Glarneralpen zählte der Winter 1999 zu den Wintern mit den höchsten Wasseräquivalentwerten der letzten 50 Jahre. Eine Analyse der Wasseräquivalentwerte in diesen Gebieten ergibt folgende Einordnung der Situation im Frühjahr 1999:

An der Station Mettmen Garichte auf 1600 m ü.M. lag das Wasseräquivalent am 1. März bei 864 mm. Dies ist der dritthöchste Wert der Messreihe seit 1943. Die Fig. 4.7 zeigt für diese Messstation, dass sich fünf Winter deutlich von den übrigen abheben. Es sind dies für den 1. März neben 1998/1999 die Winter: 1967/68, 1974/75, 1980/81 und 1981/82. Der Winter 1998/99 belegt Rang drei. Diese Rangierung bleibt bis zum Beginn der Schneeschmelze Mitte April erhalten.

Für den 1. April liegen aus dem Wägital umfangreiche Schneemessungen in verschiedenen Höhenlagen und Expositionen zwischen ca. 800 und 1800 m ü.M. vor. In diesem Untersuchungsgebiet werden Schneehöhen- und Wasseräquivalentmessungen jährlich seit 1943 durchgeführt. In diesem Jahr zeigte sich in Lagen unter 1200 m ü.M. eine starke Differenzierung der Schneedecke je nach Exposition und Abschattung. Die höher gelegenen Gebiete wiesen hohe bis sehr hohe Wasseräquivalentwerte auf (Fig. 4.8). Die starke Zunahme mit der Höhe erklärt sich einerseits aus der geringeren Schneeschmelze und andererseits aus dem grösseren Anteil an festem Niederschlag. Im Vergleich zu anderen Jahren mit hohen Wasseräquivalentwerten fällt der Winter 1974/75 mit noch stärker ausgeprägter Höhenzunahme auf. Hingegen waren am 1. April 1970 und 1982 die Unterschiede in den Höhenzonen deutlich geringer. Die Darstellung der Percentile (Summenhäufigkeit, Fig. 4.7) für die Stationen zeigt, dass das Wasseräquivalent in diesem Gebiet zu diesem Zeitpunkt einen hohen aber nicht extremen Werte aufweist.

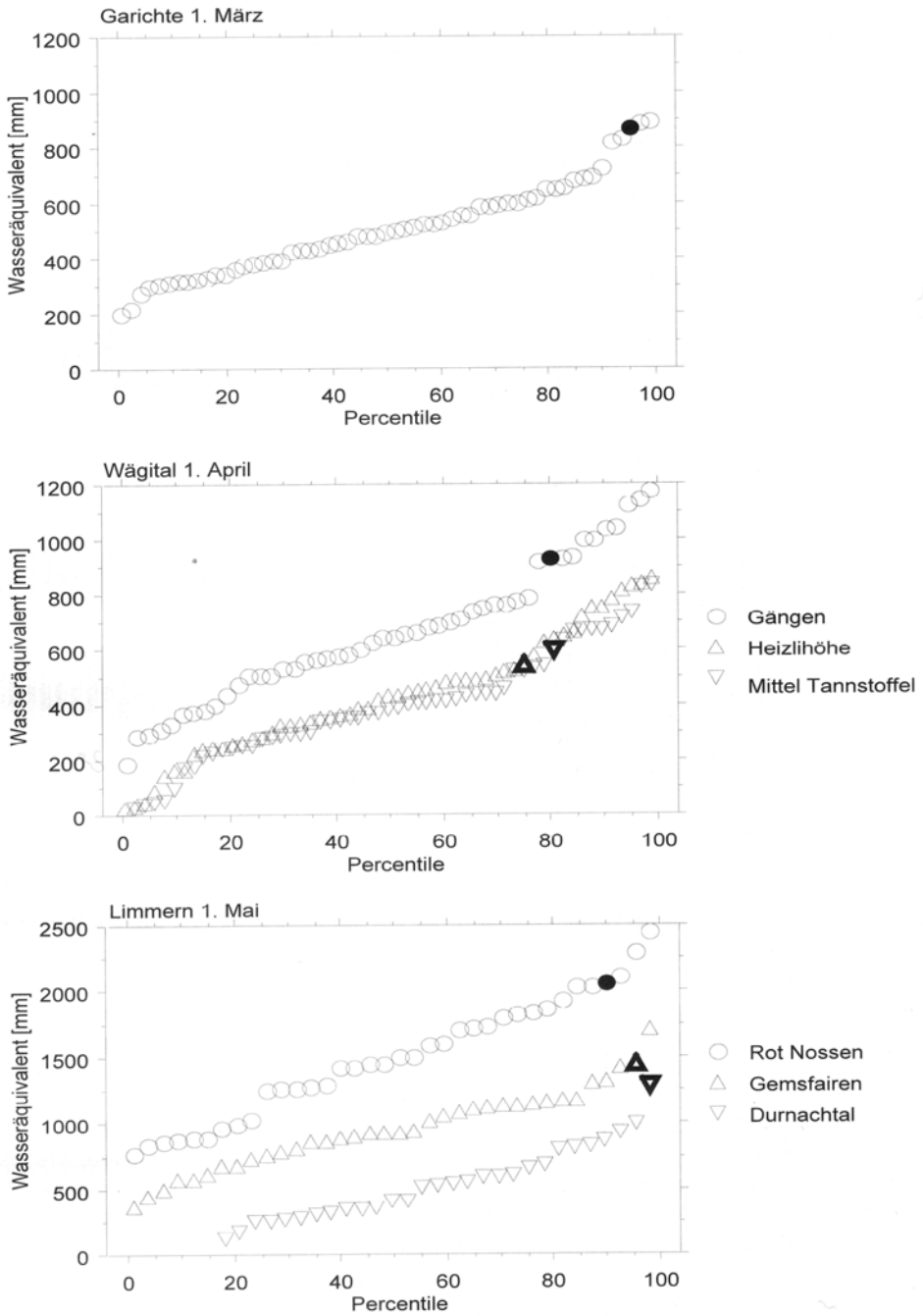

Fig. 4.7: Darstellung der Percentile (Summenhäufigkeit) [%] für die Station Garichte (1600 m ü.M.), das Wägital (Standorte Gängen 1600 m ü.M., Heizlihöhe 1400 m ü.M., Mittel Tannelstoffel 1250 m ü.M.) und das Limmerngebiet (Standorte Rot Nossen 2760 m ü.M., Gemsfairen 1960 m ü.M., Durnachtal 1420 m ü.M.). Die Messungen von 1999 sind fett gedruckt. Die Darstellung sagt aus, dass zum Beispiel auf der Garichte der Wasseräquivalentwert von 1999 in ca. 95 % der Realisationen unterschritten wurde.

Wie am 1. April im Wägital liegen im Einzugsgebiet des Limmernsees Schneemessungen am 1. Mai in einem Höhenbereich zwischen 1200 und 2800 m ü.M. vor. Bei 16 Standorten wird seit 1963 gemessen, wobei 1999 an verschiedenen Standorten maximale Werte erhoben wurden. Im Mittel waren allerdings die Werte der Winter 1969/70 und 1974/75 leicht höher. Die Darstellung der Percentile (Fig. 4.7) zeigt, dass zu diesem Zeitpunkt und in dieser Höhenlage teilweise sehr hohe Wasseräquivalente vorlagen. Die Fig. 4.9 zeigt die Höhenabhängigkeit des Wasseräquivalentes in schneereichen Jahren. Die Unterschiede sind in

diesem Höhenbereich in den untersuchten Jahren wesentlich weniger ausgeprägt als im tiefergelegenen Untersuchungsgebiet Wägital. Dies hängt damit zusammen, dass in niederschlagsreichen Wintern im betrachteten Höhenbereich eine kompakte Schneedecke aufgebaut wird. Eine solche Schneedecke speichert kleinere Schmelzwassermengen effizient, wodurch in solchen Jahren im März oder April kaum Schmelzwasserabfluss stattfindet. Insbesondere an den niedrigeren Messstandorten Gemsfairen (1960 m ü.M.) und Durnachtal (1420 m ü.M.) liegen die Messwerte auf dem zweiten bzw. ersten Rang.

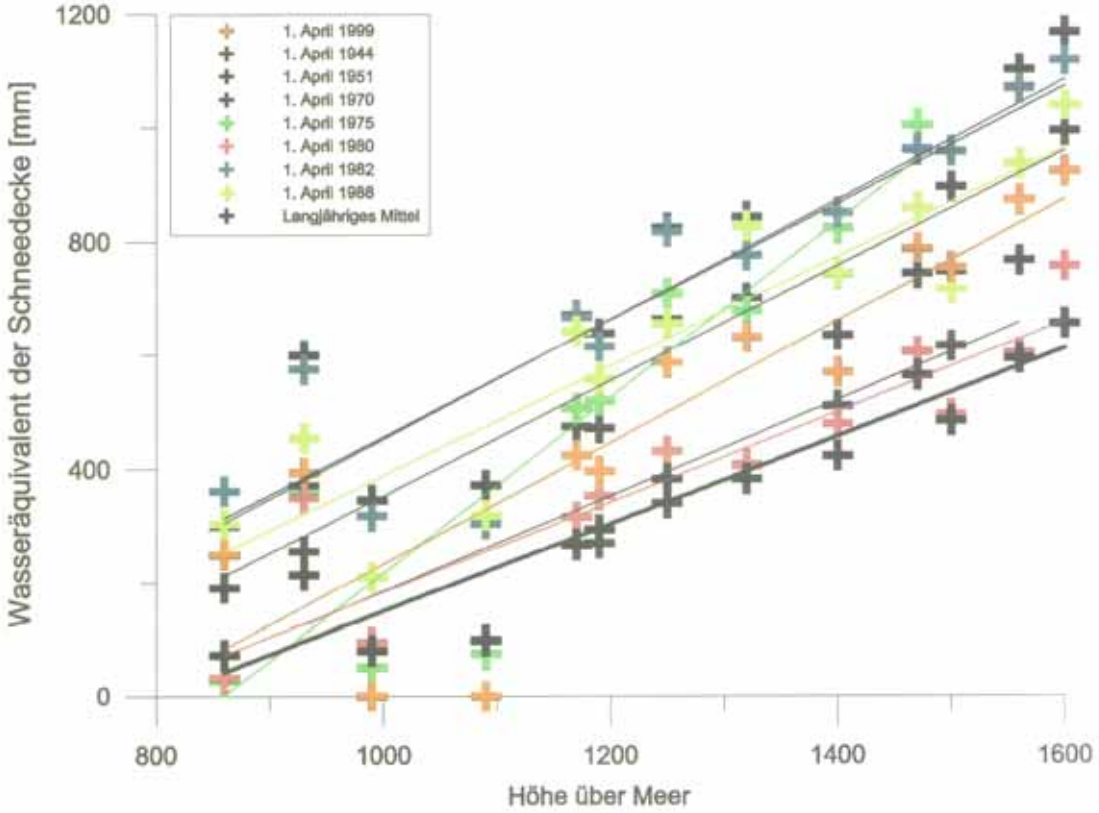

Fig. 4.8: Höhenabhängigkeit des Wasseräquivalentes am 1. April im Wägital und Klöntal. Datengrundlage: Meteodat und SLF.

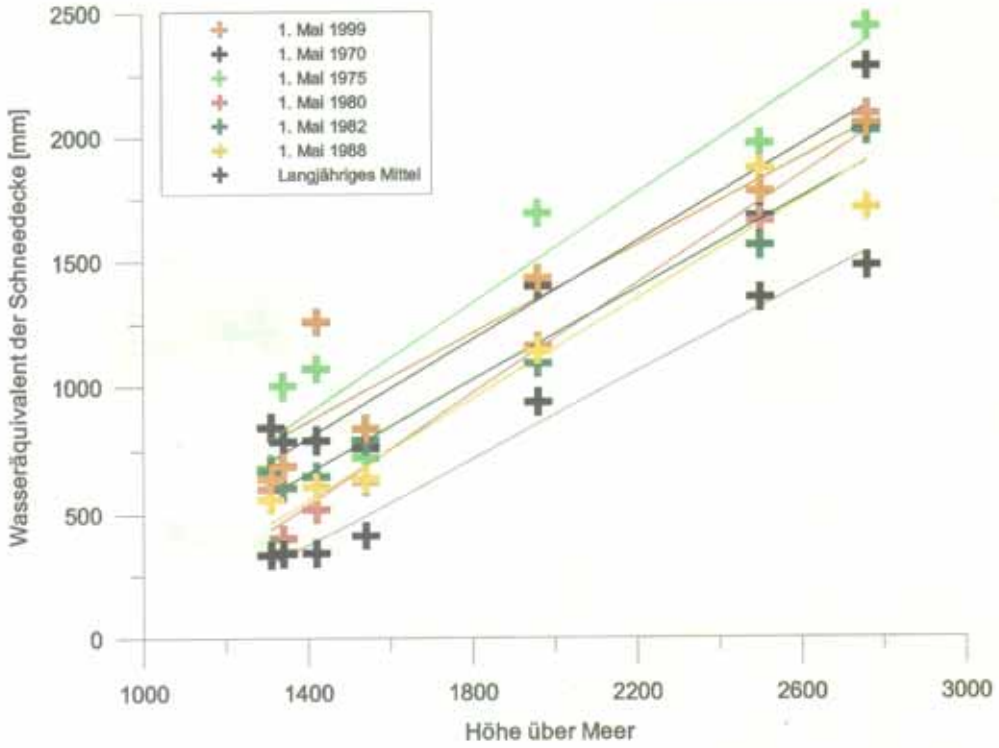

Fig. 4.9: Höhenabhängigkeit des Wasseräquivalents am 1. Mai in den Glarner Alpen. Datengrundlage: Meteodat und SLF.

Einen Hinweis auf die flächenhafte Ausdehnung der Schneedecke im Frühjahr 1999 geben Kleindienst et al. (2000). Sie haben im Rahmen eines Auftrages des Kantons die Entwicklung der Schneebedeckung im Berner Oberland (Fläche: 3240 km^2) anhand von Satellitenbildern verfolgt. So waren z.B. am 9. Mai 1999, also kurz vor dem ersten Niederschlagsereignis, 68 % des Berner Oberlandes immer noch schneebedeckt. Der Höhenbereich zwischen 1000 und 1500 m ü.M. war dabei zu drei Vierteln schneefrei, der zwischen 1500 und 2000 m ü.M. aber noch zu 85 % schneebedeckt und die höher gelegenen Gebiete lagen noch unter einer weitgehend geschlossenen Schneedecke. Bis zum 29. Mai schmolz der Schnee unterhalb von 1500 m ü.M. praktisch vollständig ab und auch zwischen 1500 und 2000 m ü.M. sank die Schneebedeckung auf 30 %. Zwischen 2000 m ü.M. und 2500 m ü.M. aperten 15 % der Fläche aus, während sich die Schneeschmelze in den höher gelegenen Gebieten noch nicht in der Ausdehnung der Schneedecke bemerkbar machte. Insgesamt sank der Anteil der schneebedeckten Fläche im Berner Oberland vom 9. bis zum 29. Mai 1999 um über 20 % auf ca. 45 %. Die Ausdehnung der Schneedecke fiel damit 1999 erst Ende Monat Mai in jenen Bereich, der in zwei den von Kleindienst et al. (2000) aufgeführten Vergleichsjahren (1992 und 1998) bereits Anfang Mai erreicht wurde, betrug doch die Schneebedeckung in diesen Jahren schon um den 5. Mai je etwa 50 %.

FAZIT:

Der Winter 1998/99 zählt im Berner Oberland, in den Schwyzer- und Glarneralpen sowie in Nordbünden zu den Wintern mit den höchsten gemessenen Wasseräquivalentwerten der letzten 50 Jahre. Ähnlich hohe Werte wurden in den Jahren 1951, 1968, 1970, 1975, 1982 und 1984 beobachtet. Die starken Schneefälle im Februar führten zu ungewöhnlichen Neuschneemengen, die als seltener einzustufen sind, als die Wasseräquivalentwerte am Ende des Winters. Erstere sind für die Lawinengefahr, letztere für die Hochwassergefahr entscheidend.