

- A l'échelle continentale: la situation météorologique reste bloquée durant sept jours provoquant des vents de secteur sud du Maghreb en direction de l'Europe centrale. La masse d'air origine subtropicale était très chaude pour la saison et, de part son long chemin au dessus de la Méditerranée, fortement chargée en humidité.
- Au niveau régional: des pluies de barrage se déroulent de manière quasiment continue sur tous les versants sud des Alpes suisses.
- A l'échelle locale: les précipitations prennent un caractère fortement convectif (orages) durant les 13 et 14 octobre 2000, résultat d'une très forte instabilité atmosphérique.

### Les prévisions météorologiques lors de l'événement

MétéoSuisse a envoyé les premiers préavis de fortes précipitations durant la journée du mardi 10 octobre 2000. Le centre MeteoSvizzera de Locarno-Monti fait parvenir le 10 octobre à 9h45 une alerte pour un événement potentiellement dangereux aux autorités du canton du Tessin. Il indique un danger de fortes précipitations pour les prochains jours pouvant entraîner une hausse significative du niveau du lac Majeur. Il mentionne aussi la probabilité que ces précipitations soient localement orageuses et accompagnées de fortes rafales de vent. Le même jour, le centre MétéoSuisse de Genève lui emboîte le pas à 18h55 avec un préavis à l'attention de la Commission Cantonale des Dangers Naturels du canton du Valais, annonçant de fortes pluies, ainsi que des vents tempétueux du sud-ouest à haute altitude. Les régions mentionnées sont la crête sud des Alpes valaisannes avec de possibles débordements plus au nord. Les deux avis annoncent ces événements météorologiques extrêmes pour les prochaines 48 à 72 heures sans cependant évoquer la fin probable du phénomène.

Tant à Genève qu'à Locarno, ces avertissements ont ensuite été réactualisés quotidiennement jusqu'au lundi 16 octobre pour le canton du Valais (dernier avis à 11h12) et jusqu'au mercredi 18 octobre pour le canton du Tessin (avis de fin d'alerte à 9h43).

D'une manière générale, la situation météorologique a été correctement prévue et les événements au niveau des Alpes suisses bien anticipés. Qualitativement ces avertissements étaient bons pour le canton du Tessin, mais un peu moins pour le canton du Valais. Ils ont cependant été très utiles pour les autorités. Pour le canton du Valais, les valeurs prévues par le centre MétéoSuisse de Genève pour la région du Simplon, soit les quantités de précipitations et la limite des chutes de neige, ont été assez largement sous-estimées. Une approche plus méthodique de la situation

ainsi qu'une meilleure coordination entre les différents centres de MétéoSuisse auraient probablement amélioré sensiblement la qualité de ces avertissements.

### En bref

**Les très fortes pluies tombées entre le 10 et 16 octobre 2000 dans les cantons du Valais et du Tessin ainsi que sur les régions voisines de l'Italie ont été la conséquence directe d'un front atmosphérique doux et humide en provenance du Sud de l'Europe. Une telle situation se présente assez souvent en automne et également au printemps. Ce qui a caractérisé l'événement d'octobre 2000, c'est cet apport continu d'air chaud et humide vers les Alpes durant 7 jours consécutifs. Les masses d'air, contraintes de s'élever dans le voisinage des Alpes, ont provoqué des précipitations étendues et intenses qui, les 13 et 14 octobre, sont tombées sous forme de fortes pluies locales à caractère orageux.**

## 2.2 Niederschlagsleistung und Ereignisvergleich

Dietmar Grebner, Daniela Lorenzi, Christian Noetzli, Mario B. Rohrer, Urs Steinegger, Christoph Hegg

Bei den allermeisten Hochwasserereignissen spielt der Niederschlag eine entscheidende Rolle. Deshalb wird hier zuerst die Niederschlagsleistung während des Hochwassers vom 13.–15. Oktober 2000 erläutert. Ähnlichkeiten mit dem Ereignis vom 22.–25. September 1993 bezüglich Ausmass, Verlauf und meteorologischer Entwicklung drängen anschliessend einen Vergleich auf. Zur Einordnung der Niederschläge vom Oktober 2000 werden für Punktniederschläge die Wahrscheinlichkeiten analysiert. Weiter werden in Kap. 2.2.6 die Gebietsniederschläge verschiedener Einzugsgebiete mit den wahrscheinlichen maximalen Niederschlagsmengen (PMP) verglichen.

### 2.2.1 Datengrundlage

#### Auswahl der Stationen

Für die Niederschlagsinterpolation und Niederschlagsanalyse wurden die Daten sämtlicher Stationen der MeteoSchweiz im Wallis und Tessin sowie deren näheren Umgebung berücksichtigt. Zusätzlich wurden Daten von jenen italienischen Stationen der Regione Piemonte verwendet, welche nicht weiter als maximal 10 km von der Schweizer Grenze entfernt liegen. Da einerseits der Niederschlagsprozess am Südhang der

Alpen lokalisiert war und von dort auf Einzugsgebiete im Wallis übergriff, und andererseits auf Schweizer Seite das Messnetz in diesen Lagen am Alpenkamm ungenügend ist, liefern die italienischen Stationen entscheidende Informationen.

Für den Vergleich der beiden Starkniederschlagsereignisse vom Oktober 2000 und vom September 1993 (Kap. 2.2.4) wurden nur diejenigen Stationen berücksichtigt, die in beiden Fällen in Betrieb waren. In die Analyse des Niederschlagsereignisses vom Oktober 2000 gingen hingegen alle verfügbaren Informationen ein.

### **Zeitliche Auflösung der Daten**

Das meteorologische Messnetz der MeteoSchweiz setzt sich aus automatischen Klimastationen (ANETZ-Stationen), konventionellen Klimastationen sowie reinen Regenmessstationen zusammen. Die zeitliche Auflösung der ANETZ-Daten beträgt 10 Minuten. Die auf der Niederschlagsdatenbank der MeteoSchweiz verfügbaren Daten von Klima- und Regenmessstationen sind Tageswerte. Die italienischen Stationen messen in Stundenschritten. In den Annalen der Regione Piemonte sind allerdings nur Tageswerte publiziert. Um den Vergleich der beiden Ereignisse, Oktober 2000 und September 1993, auf möglichst viele gemeinsame Stationen abstützen zu können, war dafür der Zeitschritt auf Tageswerte begrenzt. Für die Analysen, die sich im Wesentlichen auf das Ereignis vom Oktober 2000 bezogen, wurden auch die Stundenwerte berücksichtigt. Dazu wurden die Tageswerte der Klima- und Regenmessstationen anhand der umliegenden Stationen mit zeitlich hochaufgelösten Messungen in Stundenwerte aufgelöst.

### **Messtermine**

Die Niederschlagsmengen der konventionellen Klimastationen sowie der Regenmessstationen werden jeweils um 7 Uhr Winterzeit abgelesen. Beim Tagesniederschlag handelt es sich somit um die Niederschlagssumme im kalendarisch fixierten Intervall von 7 Uhr eines Tages bis 7 Uhr des Folgetages. Die für die hochauflösenden ANETZ-Stationen berechneten Tageswerte wurden auf das gleiche Intervall bezogen. Analoges gilt für die Stationen der Regione Piemonte. Im allgemeinen ist der maximale nicht kalendarische Niederschlag während eines Ereignisses grösser als der kalendarische. Laut Geiger et. al. (1991) erweist sich ein mittlerer Korrekturfaktor der Niederschlagssummen von 1.143 als geeignet, um von kalendarischen zu nichtkalendarischen Werten zu kommen.

## **2.2.2 Die Starkniederschläge vom Oktober 2000**

### **Vorgeschichte**

Die Monate vor dem 20. September 2000 waren nur wenig durch Niederschlag belastet. Der August wies in den relevanten Gebieten um den Simplon und im Wallis mit 60–90% der normalen Werte sogar ein Niederschlagsdefizit auf. Im September sind die Monatsmittel mit 100 bis 150% übernormal, in Simplon mit 237% stark übernormal. Allerdings entstand dieser Niederschlagsüberschuss überall an nur zwei, zeitlich getrennten Terminen am 20. und besonders am 30. September. Letzterer brachte zum Beispiel in Simplon rund 150% des normalen Monatsmittels. In den nachfolgenden Tagen bis zum diskutierten Ereignis im Oktober war es zwar über dem Simplon und dem Wallis nicht direkt aber in weiten Teilen der Schweiz leicht regnerisch, mit entsprechend geringer Verdunstung. Als Anfangszustand lagen demzufolge nicht ausgetrocknete Böden und mittlere Fluss- und Seestände vor.

An den speziell zur Schneemessung eingerichteten Messstationen (IMIS-Stationen, Fig. 2-24, Kap. 2.3) im Wallis wurde bis zum 10. Oktober bis in Höhen von 3000 m ü. M. nur eine geringmächtige Schneedecke registriert.

### **Räumliche Verteilung und zeitlicher Verlauf der Niederschläge**

#### *Schwerpunkte der Niederschläge:*

Bedingt durch die lang anhaltende Anströmung der Atmosphäre gegen den Alpensüdhang von Tessin und Wallis (Kap. 2.1.1 und Kap. 2.4) erreichte das Ereignis insbesondere in der Zone zwischen Lago Maggiore und Simplon Niederschlagsdauern bis über 7 Tage (10. bis 16. Oktober 2000). Aussergewöhnlich war in diesem Verlauf eine gut zweitägige Phase mit extremen Niederschlagsmengen (Tab. 2-1). Allerdings verlagerte sich das Niederschlagszentrum durch eine Drehung der Strömung vom nordwestlichen Tessin (Robiei, Bosco/Gurin), im Laufe des 13.10.2000 in den Raum von Simplon (Fig. 2-27). Diese Verlagerung verteilte dort die Niederschlagsmengen des Gesamt ereignisses auf die beiden Positionen. Dabei war das Simplongebiet einschliesslich der kammnahen Zone im Wallis sowohl absolut als besonders auch relativ – bezogen auf das dortige Niederschlagsklima im Vergleich zum östlichen Tessin – erheblich stärker betroffen. Es lag in den ersten drei Tagen zwar am Rande der Kernzone des Niederschlagsfeldes, wurde aber bereits mit 100 bis 200 mm überregnet (Grebner et al., 2000).

Diese erste Phase stellte im erwähnten Raum Simplon–Wallis für die weitere Entwicklung eine entschei-

dende Vorperiode dar. Wegen der anfänglich tiefen Lage der Nullgradgrenze (Fig. 2-1) nahm auf Höhen über etwa 2400 m ü. M. die Schneedecke zu, unterhalb sorgte der Regen für eine Zunahme der Bodenfeuchte. In diesen Zustand verschob sich im Laufe des 13.10.2000 das Niederschlagszentrum bei gleichzeitig steigender Temperatur (Fig. 2-1) und blieb dort als zweite Phase bis zum Ereignisende, etwa am 16.10.2000 (z.B. Tab. 2-1). Durch die dynamische Entwicklung in der Atmosphäre während der Strömungsdrehung verschärfte sich ausserdem die Niederschlagsintensität ab 13.10.2000 massiv.

Die nicht ausschliessbare Annahme des Niederschlagszentrums vom Ereignisbeginn an und nicht erst ab 13.10.2000 im Raum Simplon–Wallis würde dort die Gesamtniederschlagsmenge bis über 900 mm akkumulieren. Die reale Abfolge der beiden Phasen mit insgesamt gut 700 mm (Grebner et al., 2000) sowie die noch zu diskutierenden Eigenschaften der Intensitäten kurzer Zeitschritte ergaben dennoch ein hochgradiges Potential für hydrologische Reaktionen (Kap. 3 und Kap. 5) in den davon betroffenen Einzugsgebieten. Im nordwestlichen Tessin, der Kernzone der ersten Phase, erreichte die Niederschlagssumme über das gesamte Ereignis gut 500 mm (Grebner et al., 2000). Sie ist deshalb in dieser niederschlagsreichen Region zwar hoch, aber nicht alarmierend.

*Maximale Tagesniederschläge:* Flächenbezogen trat der maximale eintägige Niederschlag des Ereignisses am 13. Oktober im Raum Simplon auf. Der höchste durch Messung belegte Tageswert wurde westlich von Domodossola an der italienischen Station Bognanco-Pizzanco mit 396 mm beobachtet (Fig. 2-3). Rund 14 km nördlich davon, in Varzo-San Domenico, waren es noch 346 mm.

Etwa 10 km nordwestlich von Bognanco-Pizzano, in Simplon-Dorf, wurden 247 mm erreicht. Dies war der

in diesem Ereignis höchste Wert an den Schweizer Stationen. Er lag aber bereits 150 mm unter dem Maximum der italienischen Station. Bis zur Station Binn sank der Tagesniederschlag vom 13.10.2000 auf 226 mm ab. Das Niederschlagszentrum lokalisiert sich also bei Bognanco-Pizzanco, nahe der Schweizer Grenze, in einer Distanz von Simplon/Gondo von bis etwa 10 km.

Durch die Drehung der Strömung in der Atmosphäre, am 13.10.2000, auf Südsüdost war die optimale Richtung für hohe Niederschlagsmengen an der Südabdachung vom Wallis und für das Übergreifen dieser südalpinen Niederschläge ins Wallis erreicht (Grebner und Roesch, 1998). Sowohl die Niederschlagsleistung, als auch die Lage des Niederschlagsfeldes (Fig. 2-3 und Fig. 2-4) und die markanten Niederschlagsabnahmen nach Osten und nach Westen, besonders ins Wallis hinein war dementsprechend typisch.

Die in Tab. 2-1 gezeigte Änderung der Niederschlagsmengen vom 13. zum 14.10.2000 an den Stationen Camedo bis Simplon-Dorf repräsentiert weitgehend die Strömungsdrehung. Die Zunahme der Niederschlagsmengen vom 13. zum 14.10.2000 sowie der Niederschlag am 15.10.2000 an den Stationen Saas Balen bis Grand St. Bernard in Tab. 2-1 waren vor allem die Folge der am Morgen des 15.10.2000 wallis-aufwärts nach Osten vorrückenden Kaltfront (Kap. 2.3.2). An den Stationen hinter der Kaltfront klang am 16.10.2000 der Niederschlag ab. Auf der Warmluftseite im Tessin hingegen dauerte er im Laufe des 16.10.2000 in der Grössenordnung von 30 bis 70 mm noch an.

Die in Tab. 2-1 zusammengestellten Tageswerte geben die beschriebenen Veränderungen wieder. Durch ihren Bezug auf feste (kalendarische) Messzeiten entsteht eine gewisse Unschärfe.

	<b>10.10.</b>	<b>11.10.</b>	<b>12.10.</b>	<b>13.10.</b>	<b>14.10.</b>	<b>15.10.</b>	<b>16.10.</b>	<b>17.10.</b>
Camedo	10	65	108	87	71	120	58	1
Bosco-Gurin	7	51	76	162	118	97	25	3
Binn	1	16	28	226	179	99	18	1
Simplon Dorf	10	28	47	247	248	108	16	0
Saas Balen	0	5	6	48	185	95	7	0
Visp	2	7	1	8	83	45	1	0
Ried (Lötschen)	2	16	4	40	106	40	0	0
Evolène	1	7	0	29	76	32	0	0
Grand St. Bernard	13	45	30	50	119	75	17	0

Tab. 2-1: Räumlich-zeitliche Verschiebung der Tagesniederschläge durch Drehung der Anströmungsrichtung vom 12. zum 14. Oktober 2000 und Zunahme der Niederschlagsmengen durch die Drehung sowie weitere atmosphärische Eigenschaften an den Stationen Camedo bis Simplon Dorf vom 10. bis 14. Oktober 2000. Danach Niederschlagsende hinter der nach Osten vorrückenden Kaltfront. Kursiv geschrieben sind die Maxima.

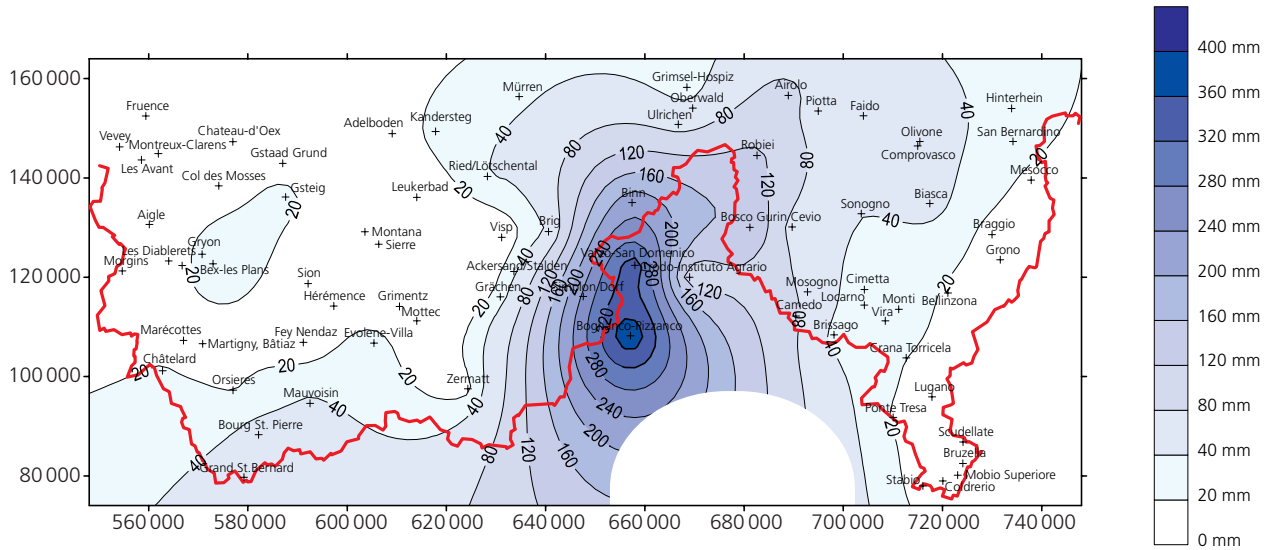


Fig. 2-3: 1-Tagesniederschlag vom 13. Oktober 2000 (7-7 Uhr Folgetag). Randskalierung: Schweizerische Landeskoordinaten in Metern.

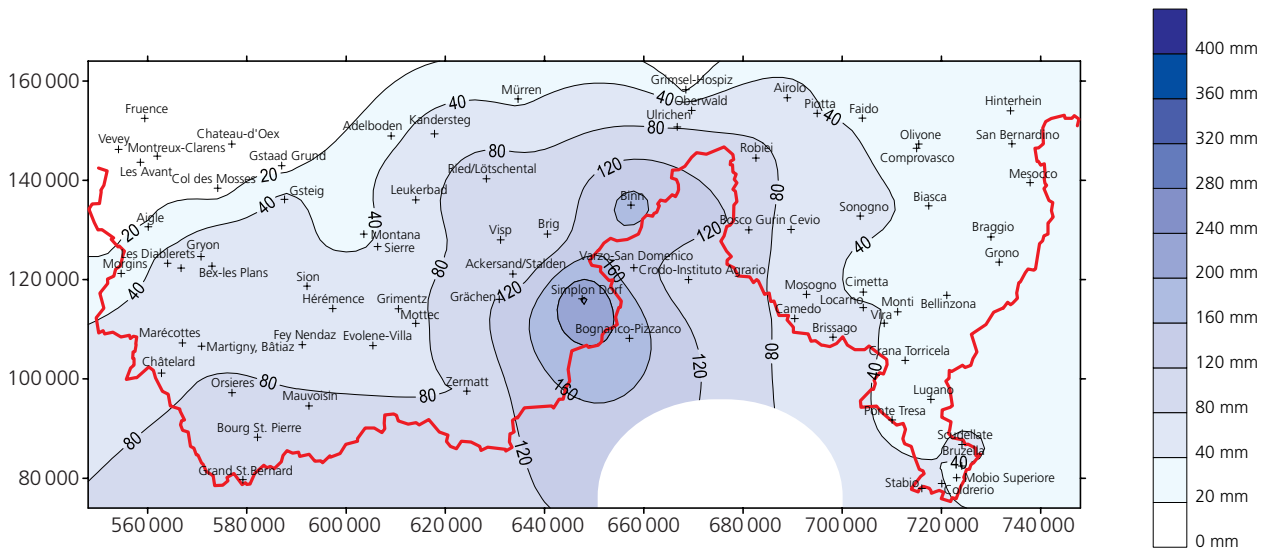


Fig. 2-4: 1-Tagesniederschlag vom 14. Oktober 2000 (7-7 Uhr Folgetag). Randskalierung: Schweizerische Landeskoordinaten in Metern.

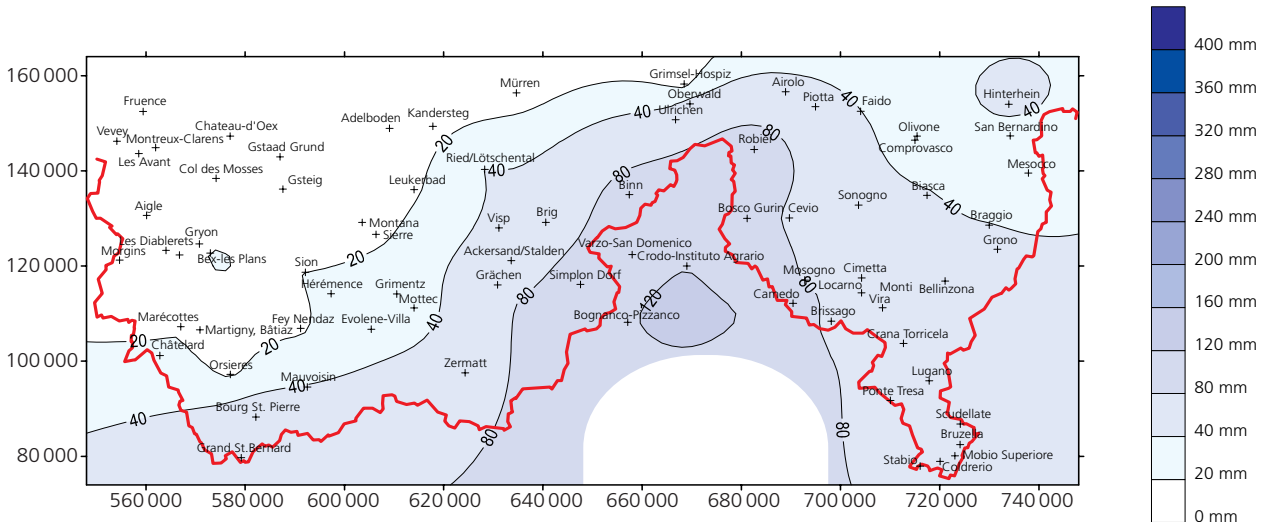


Fig. 2-5: 1-Tagesniederschlag vom 15. Oktober 2000 (7-7 Uhr Folgetag). Randskalierung: Schweizerische Landeskoordinaten in Metern.

**Maximale zweitägige Niederschläge:** Die höchsten Werte im gesamten Raum ergeben sich aus dem 13. und 14. Oktober. Analog zu den eintägigen Summen konzentrieren auch sie sich um die Station Bognanco-Pizzanco (Fig. 2-6). Dort addieren sich die zwei Tage zu insgesamt über 580 mm. Simplon Dorf befindet sich ebenfalls in diesem Kernbereich mit rund 500 mm (Tab. 2-1). Im mittleren und unteren Wallis ergaben sich die höchsten zweitägigen Niederschlagssummen aufgrund der beschriebenen Zentrumsverlagerung entsprechend den oben erwähnten eintägigen Bedingungen mit wenigen lokalen Ausnahmen in den Tagen 14. und 15. Oktober 2000.

Von Schweizer Seite aus sind die beschriebenen Intensitätsbedingungen sowie auch Lage und Mengen des stets auf der Südseite liegenden Gesamtzentrums nicht oder nur abgeleitet belegbar (Meteodat GmbH, 1999). Die im vorliegenden Ereignis erstmals unmittelbar verfügbaren italienischen Messstationen sind deshalb für die vorliegende Dokumentation von entscheidender Bedeutung und entsprechend wertvoll (Regione Piemonte, 2000). Intensitätsspitzen während eines Dauerniederschlags, wie sie insbesondere am 13.10.2000 kammanh auftraten, sind sowohl für die Abflusskonzentration wie auch für oberflächennahe Hangprozesse von massge-

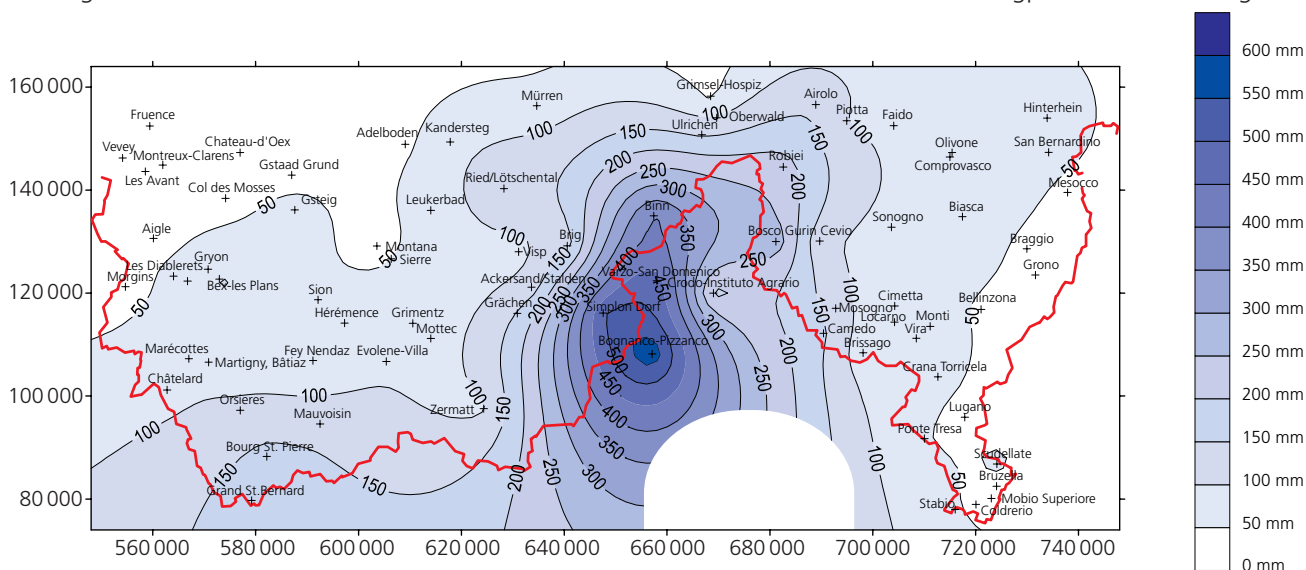
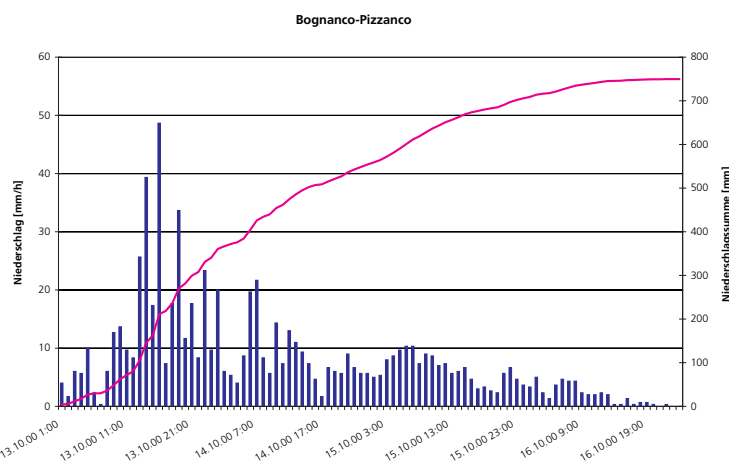


Fig. 2-6: 2-Tagesniederschlag vom 13./14. Oktober 2000 (7–7 Uhr Folgetag). Randskalierung: Schweizerische Landeskoordinaten in Metern.

**Intensitäten:** Die Besonderheit bei zyklonal bedingten Starkniederschlägen auf der Alpensüdseite, im Gegensatz zur Alpennordseite, ist, dass der vertikale Aufbau der Atmosphäre schauerartige Variabilitäten und Intensitätsspitzen ermöglicht. Bei der Anströmung der Luft gegen das Gebirge wird sie angehoben und dadurch ihr Potential zu lokalen Schauerintensitäten ausgelöst. Beim Ereignis vom Oktober 2000 entstanden die maximalen Intensitäten, aufgrund der atmosphärischen Voraussetzungen, von Süden her unmittelbar an der Schweizer Grenze (Fig. 2-3 bis Fig. 2-6). Wegen der geringen Distanz zum Alpenkamm konnten die Schauerintensitäten deutlich ins Wallis übergreifen und dort zusammen mit dem Basisniederschlag des gesamten Systems die beobachtet hohen Niederschlagssummen erzeugen (Fig. 2-3 bis Fig. 2-6). Neben der Windrichtung sind in solchen Fällen verschiedene vertikale Schichtungseigenschaften entscheidend, ob und wie weit das Wallis vom Schauercharakter betroffen ist (Grebner und Roesch, 1998).

bender Bedeutung (Jordan und Hohl, 1991; Zimmermann in Grebner et al., 2000).





### 2.2.3 Die Starkniederschläge vom September 1993

#### Anlass für den Rückblick

Das Ereignis im Oktober 2000 zeigt hydrometeorologisch mehrere Parallelen zum Unwetter vom 22. bis 25. September 1993, vielfach als «Brig-Ereignis» bezeichnet. Der sich aufdrängende analytische Vergleich bietet Informationen über die unterschiedliche Grössenordnung der Prozesskomponenten sowie über die unterschiedliche Wirkung ihrer Kombination. Die Aussage solcher Betrachtungen ist für operationelle Belange zwar eher qualitativ, macht aber auf die vieldimensionale Steuerung der Ereignisstärken und -auswirkungen aufmerksam, die weit über die konventionelle monovariablen statistische Bewertung hinausgeht. Ein besonders deutliches Beispiel dazu war das Hochwasser vom Mai 1999 (Grebner und Roesch, 1999; BWG, 2000).

Der nachstehend kurzen Niederschlagscharakterisierung des September-Ereignisses von 1993 folgt in Kapitel 2.2.4 der räumlich-zeitliche quantitative Vergleich mit den Eigenschaften im Fall vom Oktober 2000. Im weiteren folgt eine Gegenüberstellung der atmosphärischen Eigenschaften der Wetterverläufe zusammen mit einem weiteren für die betrachtete Region massgebenden Unwetter.

#### Vorgeschichte

Im Simplongebiet, im oberen Wallis sowie im Raum Grand St. Bernard waren die Niederschlagsbedingungen im vorausgehenden Juli durchschnittlich. Der August fiel bis zum 22.8.1993 sehr trocken aus. Ab diesem Datum setzte dann süd- und inneralpin eine niederschlagsreichere Witterung ein. Eine erste ergiebige Phase vom 22. bis 27.8.1993 kompensierte das zunächst hohe Feuchtedefizit in den genannten Gebieten bis auf 70% des Monatsmittel, vereinzelt bis über 100%.

Der September zeigte sich bis zum Ereignisbeginn regnerisch, mit etwa zweitägigem Rhythmus. Die täglichen Niederschlagsmengen waren zwar nur schwach bis mässig. Aber die Niederschlagswiederholungen zusammen mit der fortgeschrittenen Jahreszeit parametrisierten eine geringe Verdunstung. Dadurch war also die hydrologische Anfangsbedingung für die Auswirkung des nachfolgenden Starkniederschlags was die Bodenfeuchte betrifft eher im mittleren Bereich. Die Abflüsse bis zum Ereignisbeginn am 22.9.1993 lagen jedoch noch deutlich unter dem Septembermittelwert.

#### Räumliche Verteilung und zeitlicher Verlauf der Niederschläge

*Schwerpunkte der Niederschläge:* Das Ereignis begann am Morgen des 22.9.1993 und dauerte gut drei Tage bis in die erste Hälfte des 25.9.1993 (Grebner, 1994). Diese Dauer ist ein typischer Rahmen für starke zyklonale Niederschlagssysteme. Das Zentrum lag während der gesamten Zeit im Raum der Tessiner Stationen Mosogno, Camedo und Bosco-Gurin. Allerdings nahm ab 24.9.1993 die Niederschlagsleistung im Bereich von Simplon erheblich zu, sodass die Analyse dieses Tages dort ein eigenes zweites Zentrum ausweist (Fig. 2-9 bis Fig. 2-11).

*Maximale Tagesniederschläge:* Der eintägige Höchstwert im gesamten Ereignis wurde am 22.9.1993 an der Station Mosogno mit 254 mm beobachtet (Fig. 2-9). Nach einer vorübergehenden Abschwächung im ganzen Gebiet am 23.9.1993 (Fig. 2-10) trat am 3. Tag, dem 24.9.1993, wieder eine Verschärfung ein (Fig. 2-11). Wie oben erwähnt, war diese Intensivierung vor allem für das Wallis ausgeprägt und von Bedeutung. Die gemessenen Maxima an den beiden Zentren dieses Tages mit 182 mm an der Station Simplon bzw. 177 mm in Bosco-Gurin waren annähernd gleich.

Im Gegensatz zum Oktober 2000 ist das Zentrum am 24. September 1993 unmittelbar bei Simplon zu vermuten. Der Gradient hatte die umgekehrte Richtung wie im Oktober 2000. Der Tagesniederschlag nahm auf den 12 km Distanz von Simplon Dorf bis zur Station Bognanco-Pizzano um 65 mm auf 117 mm ab, dies entspricht einem Rückgang um 36%. Das Verhältnis zwischen den beiden Stationen im Oktober war mit 38% nicht wesentlich verschieden, allerdings auf einem erheblich höheren absoluten Niveau (Kap. 2.2.2). Die besonders auch im September 1993 sehr kammnahe Position der maximalen Aktivität war, wie schon für den Oktober 2000 beschrieben, ebenfalls für ein starkes Übergreifen des Niederschlagsfeldes auf die oberste Gebirgszone im Wallis geeignet, mit den bekannten Schadensfolgen in der Saltina, im Saaser Tal und am Simplon selbst.

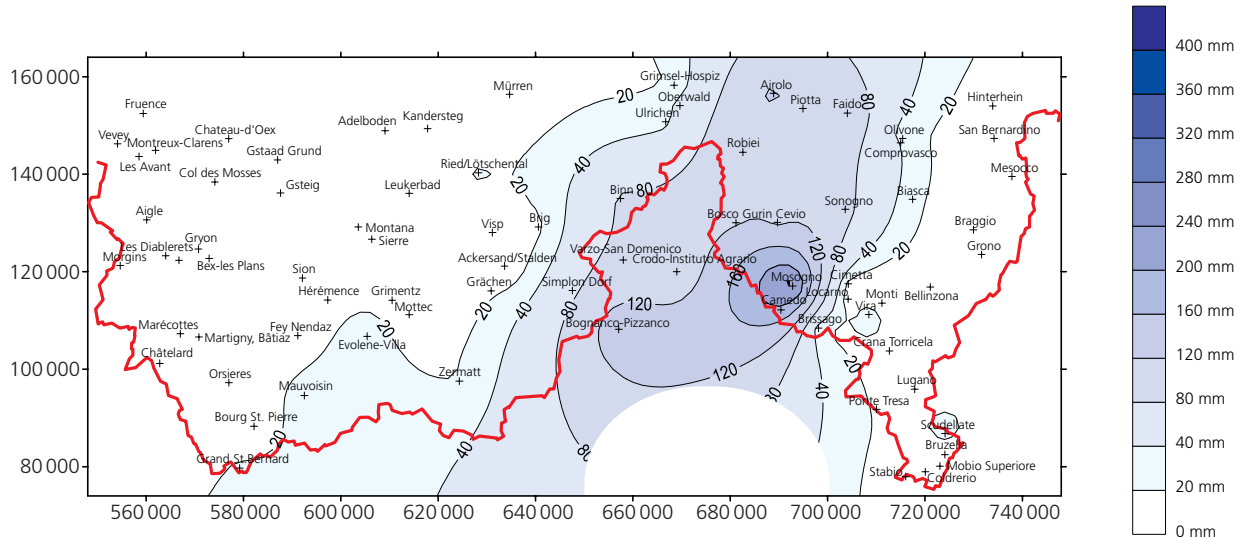


Fig. 2-9: 1-Tagesniederschlag vom 22. September 1993 (7–7 Uhr Folgetag). Randskalierung: Schweizerische Landeskoordinaten in Metern.

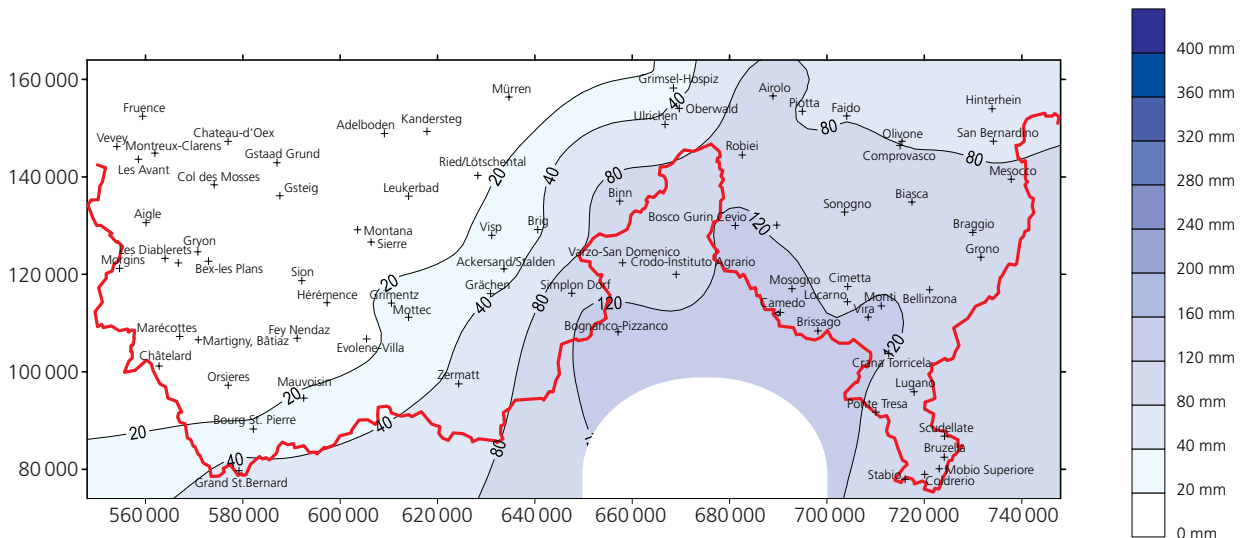


Fig. 2-10: 1-Tagesniederschlag vom 23. September 1993 (7–7 Uhr Folgetag). Randskalierung: Schweizerische Landeskoordinaten in Metern.

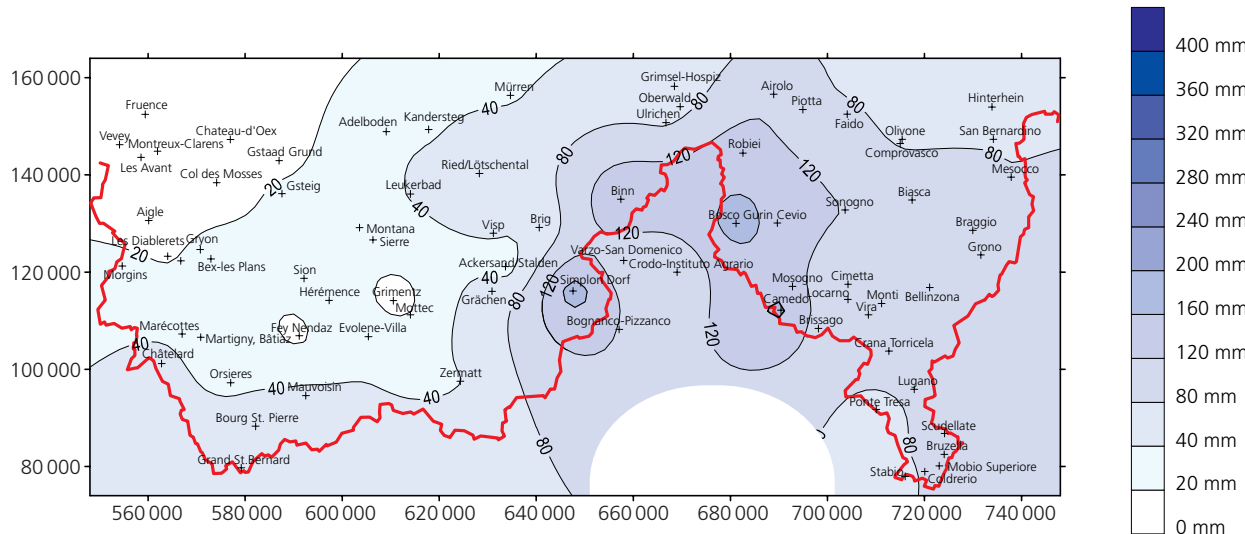


Fig. 2-11: 1-Tagesniederschlag vom 24. September 1993 (7–7 Uhr Folgetag). Randskalierung: Schweizerische Landeskoordinaten in Metern.

**Maximale zweitägige Niederschläge:** Die Zunahme der Niederschlagssummen in der Hauptniederschlagszone, Mosogno und Simplon, von einem auf zwei Tage war stark, aber nicht extrem, da am mittleren Ereignistag vorübergehend eine erhebliche Niederschlagsabschwächung auftrat (Grebner, 1994). Ausserdem müssen, wegen der Niederschlagssteigerung im Simplongebiet am 3. Ereignistag, für das Tessin bzw. für Simplon und Wallis zwei verschiedene Tagpaare betrachtet werden. Im Tessin addieren sich der 22. und 23.9.1993 zum zweitägigen Maximum, mit dem beobachteten Höchstwert in Mosogno von 392 mm (Fig. 2-13). Er stellte auch das zweitägige Gesamtmaximum des Ereignisses dar. Für Simplon und Wallis wurde das zweitägige Maximum hingegen in den Tagen 23. und 24.9.1993 erreicht (Fig. 2-14). Die Station Simplon Dorf registrierte dabei mit 292 mm den zweithöchsten Wert des Ereignisses. Wegen der Erstreckung des dort zentrierten Niederschlagsfeldes ins Wallis hinein sind für den anschliessenden Ereignisvergleich auch für das Wallis der 23. und 24.9.1993 massgebend. Die Niederschlagssumme vom 22. und 23.9.1993 erreichte in Simplon Dorf nur 175 mm. **Intensitäten:** Der stündliche Verlauf hatte dominierend zyklonalen Charakter, d.h. die einzelnen Intensitätsspitzen waren gegenüber dem mittleren Verhalten nur mässig überhöht (Fig. 2-12; Grebner, 1994). Für die hydrologische Bedeutung des Niederschlagsverlaufs im Raum Simplon und Wallis ist jedoch auf die deutliche Intensitätszunahme während des Ereignisses hinzuweisen. Abgeleitet vom Verlauf von Robiei ist bei Simplon gegen Ereignisende etwa ab 12 h des 24.9.1993 eine 5-stündige Phase mit Intensitäten zwischen 15 und 20 mm anzunehmen.

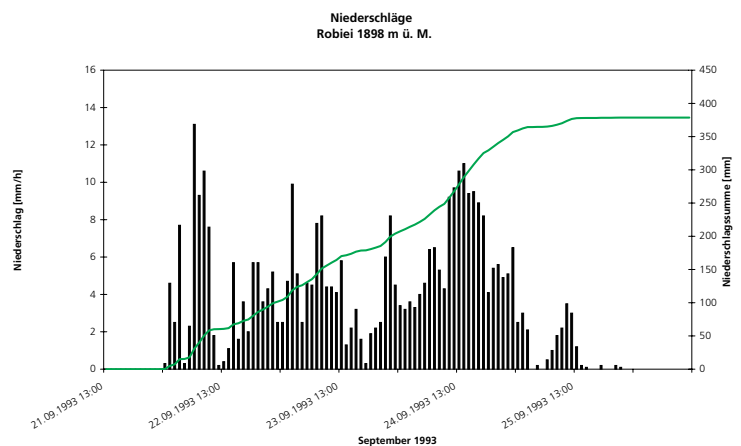


Fig. 2-12: Stündliche Intensitäten und akkumulierte Niederschläge an der Station Robiei von Anfang des 21. bis Ende des 26. Septembers 1993.

### 2.2.4 Niederschlagsvergleich der Ereignisse von 1993 und 2000

Bezüglich Vorgeschichte, einschliesslich Temperaturverlauf, sind die beiden Ereignisse, September 1993 und Oktober 2000, vergleichbar. Von augenfälliger Ähnlichkeit sind die Jahreszeit, die Position und die Form der Niederschlagsfelder der beiden Ereignisse. Diese Eigenschaften sind jedoch für südalpine zyklonal bedingte Starkniederschlagssysteme wie bereits in Kap. 2.2.2 erwähnt typisch und damit keine Besonderheit. (Kap. 2.4; Grebner und Roesch, 1998). Qualitative Ähnlichkeit besteht bei den Verläufen der Niederschläge in den betroffenen Gebieten, Simplon und Wallis, d.h. Niederschlagszunahme vom Ereignisbeginn bis zur Hauptphase.

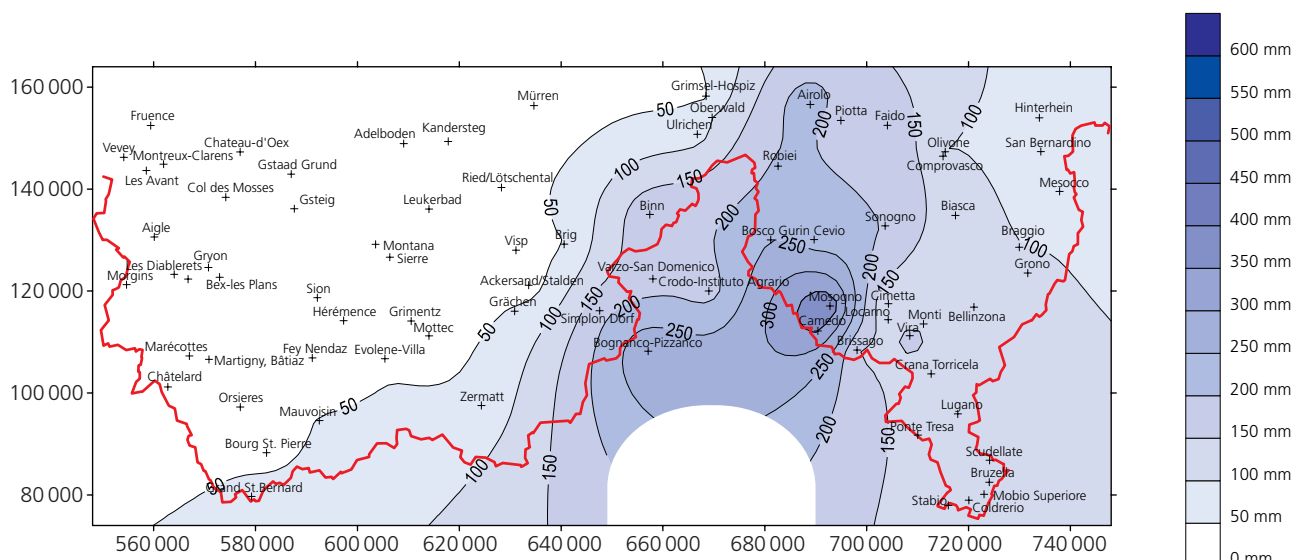


Fig. 2-13: 2-Tagesniederschlag vom 22. und 23. September 1993 (7-7 Uhr Folgetag). Randskalierung: Schweiz. Landeskordinaten in Metern.

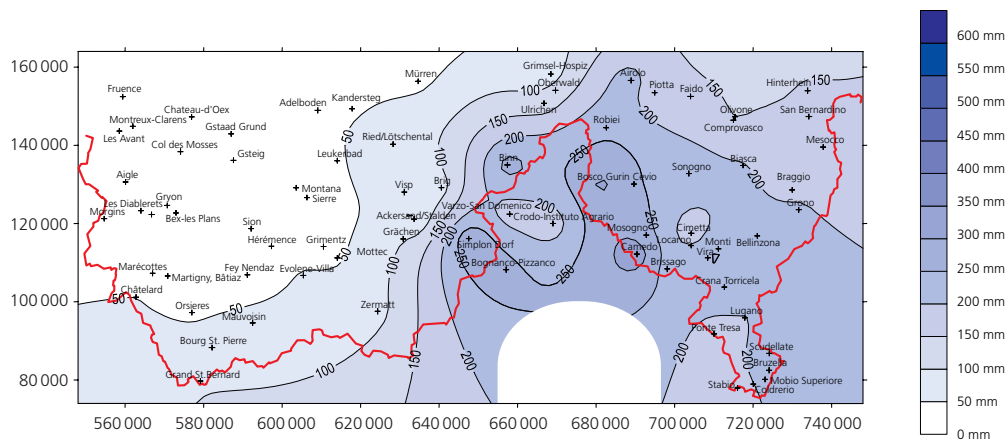


Fig. 2-14: 2-Tagesniederschlag vom 23. und 24. September 1993 (7–7 Uhr Folgetag). Randskalierung: Schweiz. Landeskoordinaten in Metern.

Letztere begann im Fall vom Oktober 2000 nach rund vier Tagen, am 13.10.2000; im Fall vom September 1993 nach zwei Tagen, am 24.9.1993. Quantitativ war jedoch diese einleitende Niederschlagssumme im Fall vom September 1993 mit 180 mm etwa um einen Faktor 6 grösser als im Oktober 2000, als trotz längerer Dauer nur 30 mm fielen. Zusammen mit der vermutlich wenig abgetrockneten Vorgeschichte (Kap. 2.2.2) bestehen dadurch im Oktober 2000 moderate, im September 1993 ausgeprägte Anfangsbedingungen für die Abflusseffizienz der anschliessenden Hauptniederschläge.

Die augenfälligsten Unterschiede bestehen zwischen den Dauern und den Niederschlagsleistungen beider Ereignisse, wie nachfolgend näher beleuchtet wird. Beim Vergleich der maximalen Einzeltage beider Ereignisse, 24.9.1993 und 13.10.2000, ist für das Gebiet Simplon und Wallis zwischen den Niederschlagsleistungen in den Kernzonen und dem übrigen Gebiet zu unterscheiden. Etwa bei der 60 mm Isohyete sind sie flächengleich. Innerhalb stieg die Niederschlagsleistung im Oktober-Ereignis sehr viel steiler an und erzeugte im Zentrum gut die doppelte Niederschlagsmenge wie im September 1993 (Fig. 2-3 und Fig. 2-11). Im Gegensatz dazu waren ausserhalb dieser Fläche etwa von Saas Almagell bis zum Grand St. Bernard sowie auch im übrigen Wallis die Tagesmengen im September 1993 etwas grösser als im Oktober 2000. In beiden Fällen ist ein relatives Minimum im Raum Zermatt festzustellen. Die Form der Niederschlagsfelder insgesamt ist in beiden Fällen typisch, d.h. ähnlich. Zum Vergleich der Intensitätsvariabilitäten liegen vom September 1993 keine Messungen der italienischen Stationen vor. Da die Variabilitäten jedoch in gewissem Rahmen proportional zur Tagesmenge sind, ist in der Kernzone für den September 1993 eine geringere Dynamik anzunehmen.

Die Gesamtdauer mit ununterbrochenem Niederschlag im Oktober 2000 war aussergewöhnlich und für die Kernzone im Simplongebiet und das obere Wallis mehr als doppelt so lang wie im September 1993. Dasselbe gilt für die Dauer der Hauptphase. Dadurch erreichte das Oktober-Ereignis ein besonderes Ausmass bei den 2- und mehrtägigen Niederschlagsmengen im Vergleich mit dem September 1993, nicht nur für die bisher erwähnten Gebiete, sondern für die gesamte Poebene. Im September 1993 stand der Maximaltag, 24.9.1993, etwas isoliert, d.h. mit einem relativen Minimum davor und raschem Abklingen des Niederschlags am Folgetag (Grebner, 1994). Im Oktober 2000 hingegen war in der Kernzone des Niederschlags am Maximaltag (13.10.2000) nicht nur wesentlich höher, sondern dauerte auch danach intensiv an. Insbesondere in den Walliser Südtälern, aber auch im übrigen unteren und mittleren Wallis folgte nach dem mit dem 24. September 1993 noch vergleichbaren 13.10.2000 erst die Hauptphase (Fig. 2-2, Fig. 2-4 und Fig. 2-5, Tab. 2-1). Dadurch ergab sich vor allem in den Walliser Südtälern über 2 Tage bis etwa zum Doppelten der Niederschlagsmengen vom September 1993 (Fig. 2-15). Für diese klimatisch niederschlagsschwächere Region sind solche Mengen ähnlich extrem wie die subjektiv eindrucksvolleren Summen der Kernzone um Simplon (Tab. 2-3 und Fig. 2-18 bis Fig. 2-20). Interessant ist, dass auch bei mehrtägigen Niederschlagsdauern die Form der Niederschlagsfelder insgesamt erhalten bleibt. Im Raum Tessin unterscheiden sich die beiden Ereignisse invers (Fig. 2-15). Durch die erwähnte Strömungsdrehung am 13. Oktober 2000 etablierte sich sowohl das ein- wie auch mehrtägige Maximum im Gebiet Simplon und Oberwallis. Im September 1993 hingegen blieb das Zentrum des Gesamt ereignisses im Westtessin (Grebner, 1994; Fig. 2-13 und Fig. 2-14).

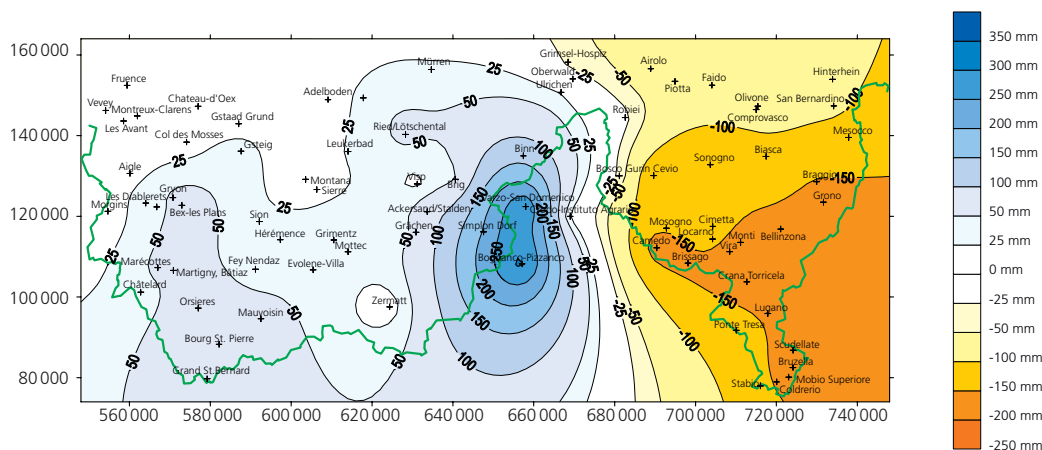


Fig. 2-15: Differenz der 2-Tagesniederschläge (13./14.10.2000–23./24.9.1993). Die blauen Flächen erhielten im Oktober 2000 mehr Niederschlag, die gelb-roten Flächen im September 1993. Randskalierung: Schweizerische Landeskoordinaten in Metern.

Die Entlastung im Oktober verhinderte ein noch höheres Ansteigen des Lago Maggiore, der trotz dieser Entlastung bereits einen Höchststand von 197,57 m erreichte, also 34 cm höher als im September 1993.

### 2.2.5 Wahrscheinlichkeiten von Punktniederschlägen

Ziel der Untersuchung war es, die Wiederkehrperioden der 1-, 2- und 5-tägigen Niederschlagssummen des Ereignisses vom Oktober 2000 zu ermitteln und in Form von Karten graphisch darzustellen.

#### Datengrundlage

Grundlage der räumlichen Darstellungen der Wiederkehrperioden der Niederschläge in den Fig. 2-18 bis Fig. 2-20 sind Extremwertanalysen für die verfügbaren Stationen im Wallis und in dessen näherer Umgebung auf Schweizer Gebiet (Lang et al., 1996) sowie im Tessin.

Der Vergleich von Wiederkehrdauern von Punktniederschlägen, insbesondere in räumlichen Isoletheninterpolationen (Fig. 2-18 bis Fig. 2-20), verlangt identische Referenzperioden der berücksichtigten Stationen. Um die bereits anlässlich der früheren Studie CONSECRU (Lang et al., 1996) für das Wallis und Umgebung durchgeführten Frequenzanalysen unmittelbar verwenden zu können, wurde die Referenzperiode für die ergänzenden Stationen im Tessin auf die selben Jahre 1901 bis 1994 festgelegt. Begrenzt unvollständige Messreihen interessierender Stationen wurden durch Korrekturen an diese Periode angepasst. Die grenznahen italienischen Stationen der Region Piemont konnten nicht berücksichtigt werden, da sie frühestens seit 1987 in Betrieb sind. Ihre Datenreihen sind demnach auch für eine Anpassung sehr kurz.

#### Methodik

Die Frequenzanalysen wurden für die 1-, 2- und 5-tägigen Niederschlagssummen jeder Station durchgeführt. Als Stichproben dafür dienten die Jahreshöchstwerte dieser Zeitschritte. Beispiele für die sich ergebenden Frequenz-Mengen-Beziehungen sind in den Fig. 2-16 und Fig. 2-17 dargestellt. Aus diesen Beziehungen wurden die Wiederkehrdauern der beobachteten Stationsniederschläge entsprechender Dauer ermittelt und räumlich interpoliert in den Fig. 2-18 bis Fig. 2-20 dargestellt.

Die erforderliche Anpassung der Frequenz-Mengen-Beziehungen unvollständiger Messreihen an die gesamte Referenzperiode besteht aus folgenden Schritten:

- Erstellung eines Frequenzdiagramms für die Vergleichsstation mit der vollständigen Zeitreihe (1901 bis 1994)
- Erstellung eines Frequenzdiagramms für die Vergleichsstation mit eingebauter Messlücke analog zur anzupassenden Station
- Vergleich der beiden Frequenzdiagramme und Ermittlung der Differenzen in den Geradensteigungen
- Entsprechende Anpassung der Geradensteigungen für die anzupassende Station.

Fig. 2-16 zeigt für die Station Binn die Unterschiede der geschätzten Wiederkehrdauern im Fall unterschiedlicher Referenzperioden. In diesem Beispiel werden die Schätzungen aus der Periode mit 34 Jahren (1961–1994) denjenigen mit 94 Jahren (1901–1994) gegenübergestellt. Als theoretische Verteilung wurde die 1. Exponentialverteilung (Gumbelverteilung) gewählt.

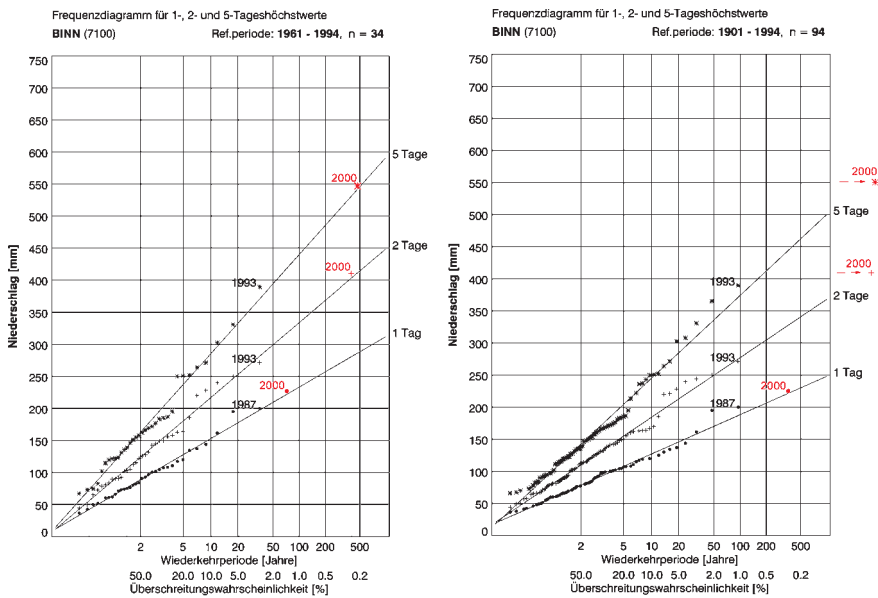


Fig. 2-16: Frequenzdiagramme von Binn mit unterschiedlichen Referenzperioden von 1961–1994 (links) und 1901–1994 (rechts).

In Tab. 2-2 werden die 1-, 2- und 5-tägigen Höchstwerte der Punktniederschläge vom Oktober 2000 gezeigt. Weiter sind die Stationen, deren Frequenzdiagramme korrigiert werden mussten und welche Stationen für diese Anpassung verwendet worden aufgeführt.

## Resultate

Die IsoPLEthenanalyse der Wiederkehrperioden (Fig. 2-18 bis Fig. 2-20) bestätigt die in Kapitel 2.2.2 beschriebene räumliche Verteilung der absoluten Niederschlagsmengen. Im sonst sehr niederschlagsreichen Raum Camedo sowie weiter nach Süden ergeben sich für alle drei betrachteten Dauern Wiederkehrperioden von weniger als 10 Jahren. Zum Hauptzentrum im Raum Simplan mit einer gewissen Ausdehnung am Alpensüdhang entlang sowie auch übergreifend ins obere Wallis übersteigen die eintägigen Niederschlagssummen Wiederkehrperioden von 200 Jahren. Zu ähnlich hohen Einschätzungen führen die gemessenen Mengen des sekundären Niederschlagszentrums im Raum Grand St. Bernard (Kap. 2.2.2).

Wie auch in Kapitel 2.4 hervorgehoben wird, ist die Dauer des Ereignisses mit mehrtägiger hoher Ergiebigkeit aussergewöhnlich. Diese Qualifikation wird durch die Wiederkehrperioden für die 2- und 5-tägigen Niederschläge verifiziert. Der Seltenheitsgrad nimmt vor allem von den 1- zu den 2-tägigen Niederschlagsmengen deutlich zu und bleibt in dieser Grössenord-

nung zumindest bis zu den überprüften 5-tägigen Mengen erhalten (Fig. 2-16 und Fig. 2-17). Bei den ermittelten Wiederkehrperioden von über 1000 Jahren im Raum Simplan bzw. von über 500 Jahren im Raum Grand St. Bernard ist allerdings zu berücksichtigen, dass sie bei einer Referenzperiode von 94 Jahren mit sehr breiten Vertrauensintervallen behaftet sind. Von der Kammzone ins Wallis hinein ergibt sich für das Ereignis im Prinzip das übliche Bild einer starken Abnahme der Bedeutung vom Alpenkamm zur Talachse. Allerdings ergab das Überregnen über den Alpenkamm wegen der besonderen Stärke des Ereignisses immer noch in weiten Teilen Wiederkehrperioden von über 100 Jahren, vor allem bei den Dauern von 2 und 5 Tagen (Fig. 2-18 bis Fig. 2-20). Diese Einschätzungen stufen das Ereignis in weiten Teilen des oberen Wallis und ebenso im Bereich der südlichen Seitentäler als ausserordentlich hoch ein.

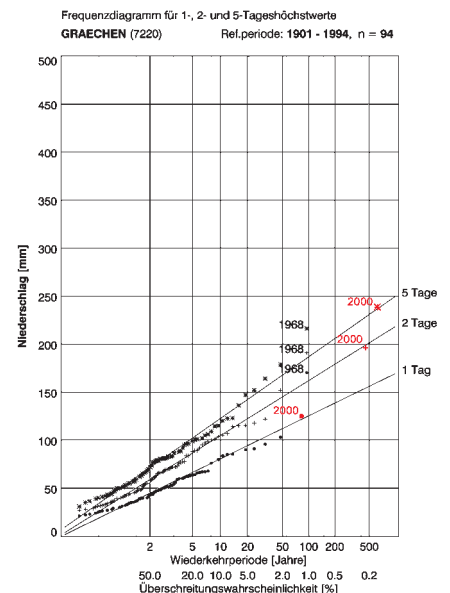
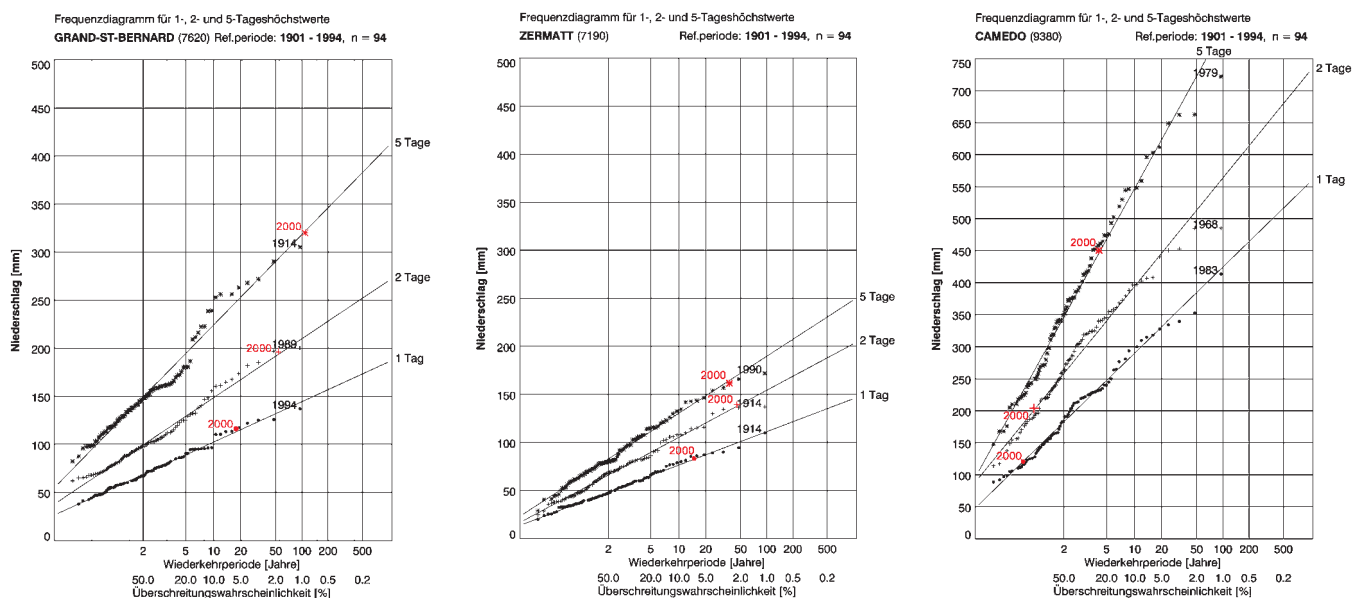


Fig. 2-17: Frequenzdiagramme von ...

Indikativ Station	1-Tageswert (mm)	1-Tageswert (Jährlichkeit)	2-Tageswert (mm)	2-Tageswert (Jährlichkeit)	5-Tageswert (mm)	5-Tageswert (Jährlichkeit)	Bemerkungen
5170	Lauterbrunnen	38.0	<2	62.0	2-5	73.6	<2
5230	Kandersteg	54.0	2-5	79.5	5-10	105.4	5-10
5610	Chateaux-d'Oex	11.7	<2	20.4	<2	42.9	<2
7020	Oberwald	57.7	<2	106.8	2-5	214.1	10-20
7100	Binn	226.1	200-500	405.1	>1000	549.9	>1000
9580	Simplon Dorf	248.2	200-500	494.7	>1000	678.5	>1000 mit Binn homogenisiert
7130	Brig	82.6	5-10	130.8	10-20	175.9	20-50 mit Sion homogenisiert
7190	Zermatt	80.4	10-20	141.3	20-50	166.7	20-50
7220	Grächen	125.0	100-200	198.4	200-500	238.6	500-1000
7240	Ackersand/Stalden	91.0	20-50	140.0	20-50	181.1	50-100 mit Grächen homogenisiert
7300	Leukerbad	70.1	5-10	87.6	2-5	114.0	2-5
7380	Montana	28.6	<2	42.8	<2	66.5	<2 mit Leukerbad homogenisiert
7520	Sion	45.1	2-5	65.4	2-5	96.1	5-10
7620	Gr. St. Bernard	119.0	20-50	194.0	50-100	319.1	100-200
7640	Bourg St. Pierre	115.2	200-500	174.3	>1000	236.6	>1000
7860	Bex	45.3	2-5	60.7	2-5	79.1	2-5
8020	Montreux-Clarens	13.7	<2	21.0	<2	43.6	<2
9030	Airolo	102.0	2-5	196.0	5-10	374.5	20-50
9090	Comprovasco	53.2	<2	101.2	<2	198.9	2-5 mit Mesocco homogenisiert
9160	Mesocco	64.5	<2	111.7	2-5	185.1	2-5
9220	Bellinzona	58.8	<2	115.5	<2	207.0	2-5
9320	Cevio	80.0	<2	144.0	<2	319.0	2-5
9340	Bosco Gurin	162.0	5-10	280.0	10-20	505.1	100-200 mit Cevio homogenisiert
9380	Camedo	119.8	<2	206.9	<2	450.7	2-5
9400	Locarno-Monti	65.6	<2	127.8	<2	258.1	2-5
9480	Lugano	57.6	<2	99.9	<2	194.1	2-5

Tab. 2-2: 1-, 2- und 5-Tagesniederschlags-Höchstwerte sowie deren Jährlichkeiten von ausgewählten Stationen der MeteoSchweiz im Wallis und dessen näheren Umgebung.



... Grächen, Grand St. Bernard, Zermatt und Camedo mit einheitlicher Referenzperiode von 1901-1994.

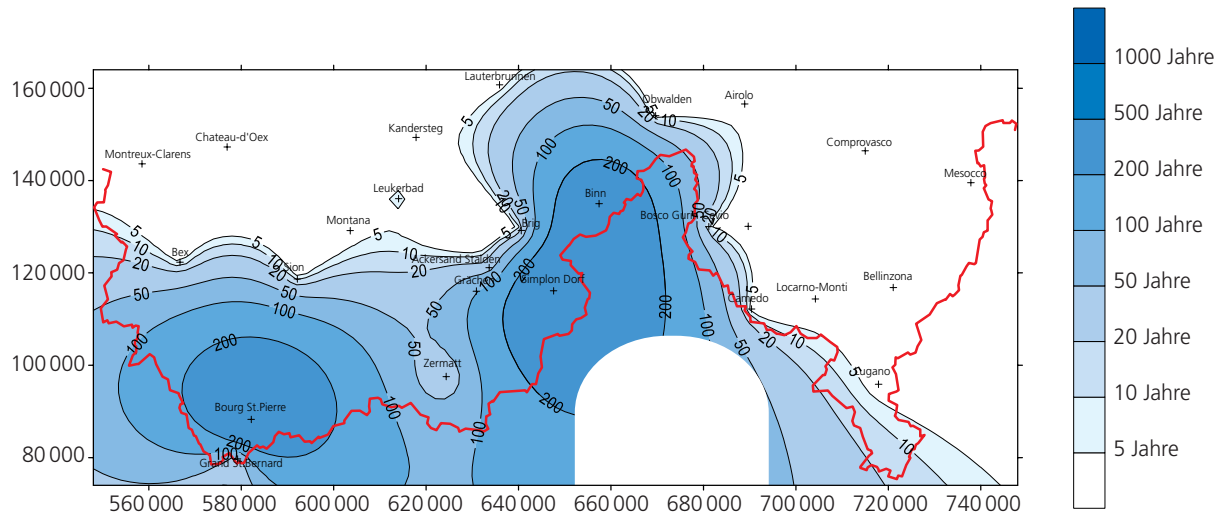


Fig. 2-18: Jährlichkeiten der 1-Tagesniederschlags-Höchstwerte vom Oktober 2000. Randskalierung: Schweiz. Landeskoordinaten in Metern.

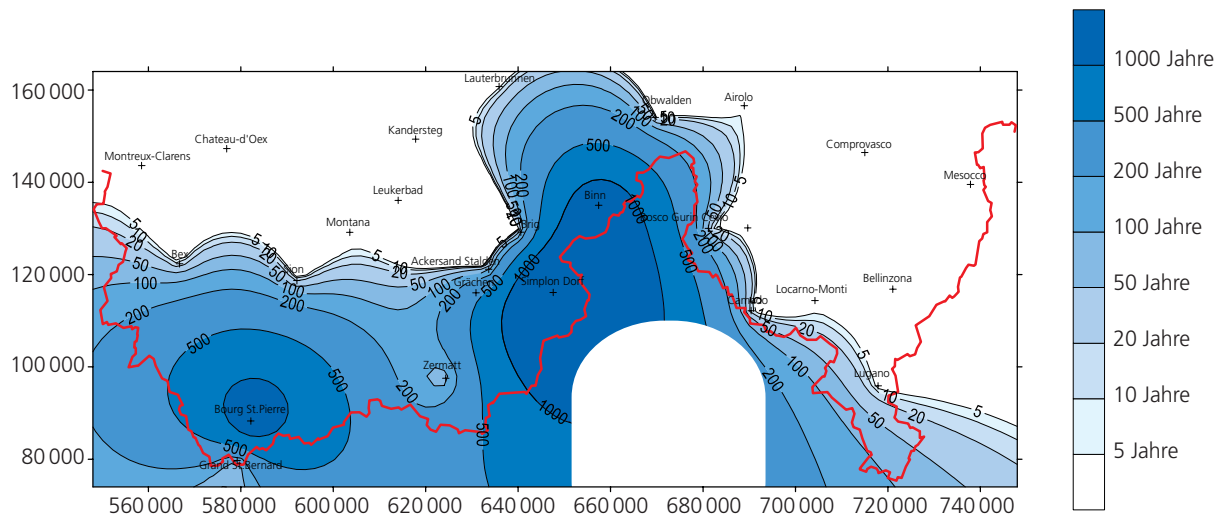


Fig. 2-19: Jährlichkeiten der 2-Tagesniederschlags-Höchstwerte vom Oktober 2000. Randskalierung: Schweiz. Landeskoordinaten in Metern.

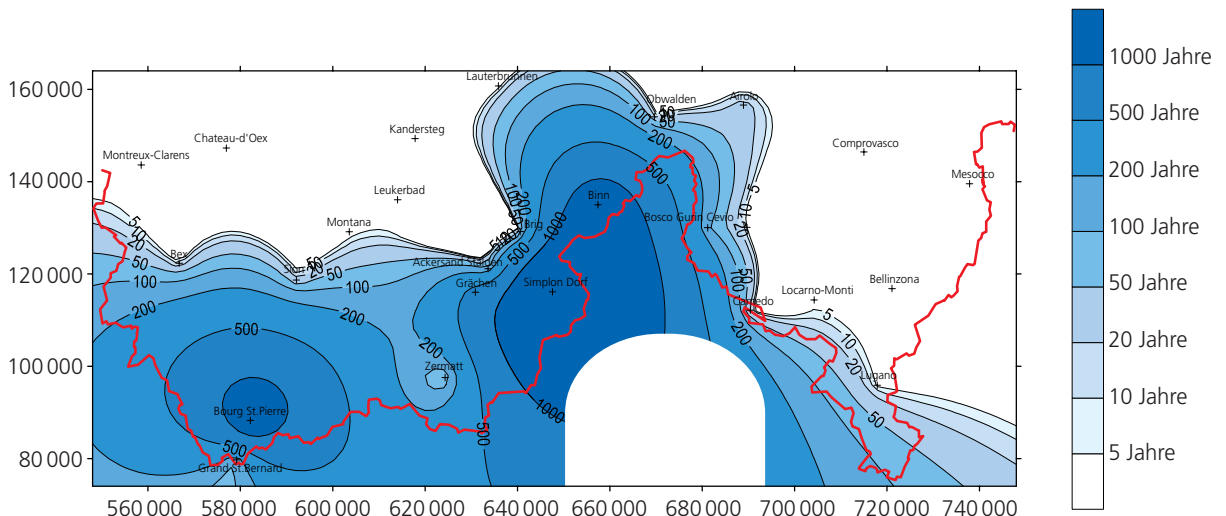


Fig. 2-20: Jährlichkeiten der 5-Tagesniederschlags-Höchstwerte vom Oktober 2000. Randskalierung: Schweiz. Landeskoordinaten in Metern.

## 2.2.6 Einordnung der Gebietsniederschläge vom Oktober 2000

Wie erwähnt wurden für das Ereignis vom Oktober 2000 die Niederschläge flächendeckend in Stundenauflösung extrapoliert. Daraus wurde der zeitliche Verlauf der Gebietsniederschläge für alle wichtigen Einzugsgebiete des Wallis und einige der angrenzenden Gebiete bestimmt. Aus diesen Niederschlagsganglinien wurden dann die in Tab. 2-3 dargestellten im Laufe des Ereignisses maximalen 3 Std., 24 Std. und 48 Std. Gebietsniederschläge berechnet.

Grebner und Roesch (1998) haben für verschiedene Regionen der Schweiz Wiederkehrperioden und obere Grenzwerte für Gebietsniederschläge bestimmt. Letztere sogenannte «maximal zu erwartenden Niederschlagsmengen», besser bekannt unter der englischen Bezeichnung «probable maximum precipitation» (PMP) sind als Kurven dargestellt (vgl. Fig. 2-21). Aus diesen Kurven lässt sich für ein Einzugsgebiet mit bekannter Grösse ablesen, mit welchen Niederschlagsmengen maximal in 3 Std., 24 Std. bzw. 48 Std. zu rechnen ist.

Der Vergleich der PMP Werte mit den beobachteten Niederschlägen im Oktober 2000 (vgl. letzte drei Spalten in Tab. 2-3) zeigt, dass in einigen Einzugsgebieten Niederschlagsmengen fielen, die nahe an die wahrscheinlichen maximalen Niederschläge herankommen, die für das Wallis hergeleitet wurden. So fielen in den Einzugsgebieten der Binna und des Krumbachs in 48 Stunden über 80% der auf das Wallis bezogenen Grenzwertabschätzungen. Allerdings befinden sich diese Gebiete noch im direkten Einflussbereich der südalpinen Niederschlagsbedingungen. Deren Niederschlagszentren liegen in der Regel im Raum Camedo, West-Tessin. Dort gelten deshalb höhere PMP-Werte als im Wallis. Die Niederschlagsaktivität bei Simplon im Oktober 2000 war mit den für Camedo typischen Verhältnissen ähnlich. Verglichen mit den für den Raum Camedo gültigen PMP Werten sinken die Niederschläge in der Binna auf 72% und im Krumbach auf 75% ab. Die Vergleichsangaben für das Grosse Wasser und für die Doveria in Tab. 2-3 beziehen sich bereits auf die für das Tessin gültigen PMP Verhältnisse.

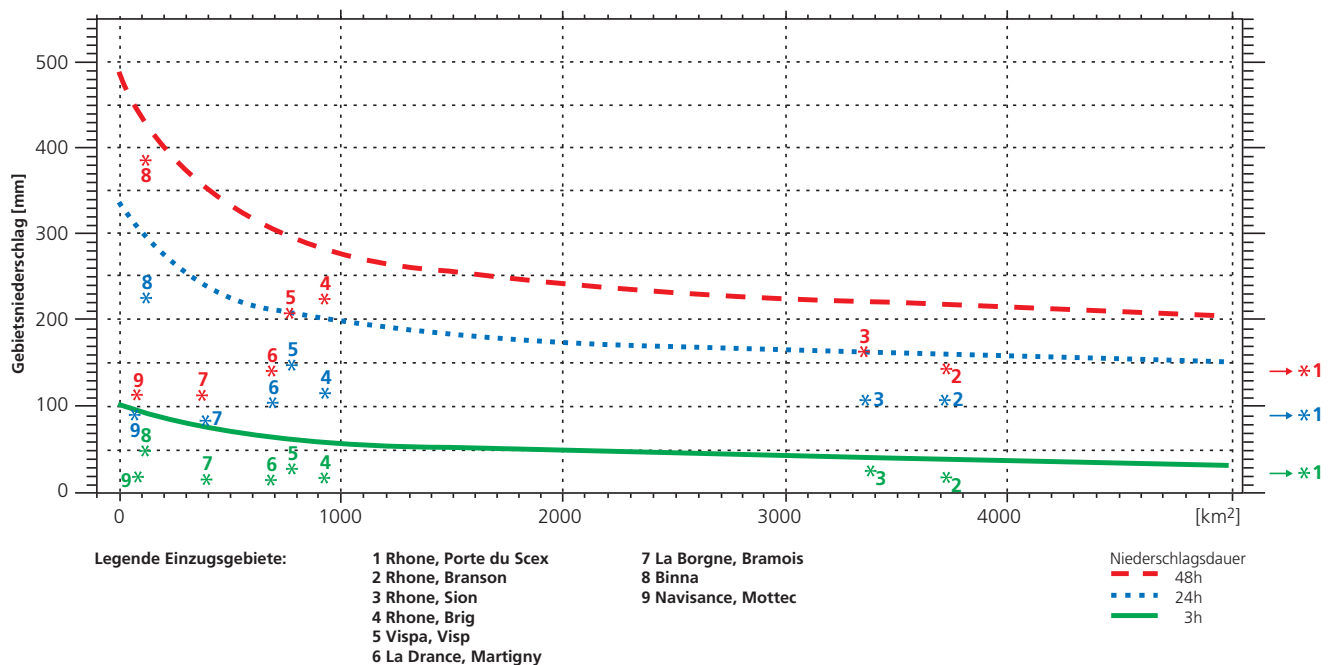


Fig. 2-21: Grenzwerte der Gebietsniederschläge für die Region Wallis – gesamt für die Niederschlagsdauern 3 Stunden (unten), 24 Stunden (Mitte) und 48 Stunden (oben) (Grebner und Roesch, 1998).

<b>Gebiete sortiert</b>	<b>Fläche (km<sup>2</sup>)</b>	<b>3 Std. PMP (mm)</b>	<b>24 Std. PMP (mm)</b>	<b>48 Std. PMP (mm)</b>	<b>2000 3 Std. N (mm)</b>	<b>2000 24 Std. N (mm)</b>	<b>2000 48 Std. N (mm)</b>	<b>% vom Grenz- wert 3 h</b>	<b>% vom Grenz- wert 24 h</b>	<b>% vom Grenz- wert 48 h</b>
Rhone – Porte du Scex	5220.0	35	152	208	23	92	139	65	61	67
Grand Eau – Aigle	134.0	60	210	345	12	36	55	20	17	16
La Vièze – Monthey	145.2	58	208	340	13	44	58	23	21	17
Le Trient – Vernayaz	160.9	56	205	330	17	71	100	30	35	30
Drance de Bagnes – Le Chable	254.0	50	190	315	24	104	147	47	55	47
La Drance – Martigny	688.3	48	169	270	21	102	145	45	60	54
Rhone – Branson	3728.0	40	162	220	24	101	150	61	62	68
Lizerne	62.5	63	230	380	21	59	84	33	26	22
La Morge – Conthey	66.8	62	230	380	20	51	71	32	22	19
La Printse – Aproz	71.1	62	230	380	20	64	81	33	28	21
Rhone – Sion	3349.0	40	165	225	25	109	160	63	66	71
La Borgne – Bramois	387.5	50	180	292	22	86	115	45	48	39
La Navisance – Chippis	254.0	53	190	315	23	91	108	44	48	34
Navisance – Mottec	90.0	60	225	370	23	97	115	38	43	31
Dala – Leuk	55.5	64	238	388	30	82	89	47	34	23
Turtmanna – Turtmann	107.7	59	225	362	28	108	123	47	48	34
Lonza – Steg	161.9	56	205	330	32	109	132	57	53	40
Lonza – Ferden	124.2	59	212	347	32	109	140	53	51	40
Lonza – Blatten	78.0	62	230	380	30	106	143	48	46	38
Baltschiederbach	44.7	65	245	400	28	112	130	44	46	32
Vispa – Visp	789.6	65	210	300	30	149	210	47	71	70
Saaser Vispa – Saas Balen	202.7	86	270	400	36	177	308	42	66	77
Gamsa	38.9	98	320	470	33	153	244	34	48	52
Rhone – Brig	909.1	62	205	290	23	119	221	37	58	76
Saltina – Brig	77.9	90	310	455	37	177	334	41	57	73
Massa – Blatten	195.6	85	275	400	20	83	146	23	30	36
Binna	118.0	90	295	433	48	231	385	53	78	89
Rhone – Reckingen	217.3	85	268	390	17	84	158	21	31	40
Goneri – Oberwald	40.8	95	315	460	21	90	170	22	29	37
Rhone – Gletsch	40.7	95	315	460	10	42	72	10	13	16
Grosses Wasser – Gondo (TI)	37.0	225	565	630	64	302	503	29	53	80
Krummbach – Klusmatten	19.8	100	340	485	44	209	411	44	62	85
Lienne	76.9	60	225	370	17	42	52	19	14	12
Kelchbach – Naters	31.1	95	320	460	25	106	150	26	33	33
Doveria (TI gesamt)	123.3	180	500	600	47	232	440	28	45	73
Mundbach	22.9	100	320	470	26	107	135	29	33	29

Tab. 2-3: Maximale 3 Std., 24 Std. und 48 Std. Niederschläge, entsprechende PMP Werte sowie Anteile des Effektivniederschlags am PMP Wert für wichtige Einzugsgebiete im Wallis und in angrenzenden Gebieten.

Eine detailliertere Betrachtung der prozentualen Anteile der Oktober-Niederschläge zeigt Gruppierungen der Einzugsgebiete, die einerseits von der Gebietsgrösse, aber auch von ihrer Lage zum Niederschlagszentrum beeinflusst sind.

Gesondert zu betrachten sind dabei die grossen Einzugsgebiete der Rhone unterhalb von Sion mit je mehreren tausend Quadratkilometer Fläche. In diesen Gebieten wurde der PMP Wert bei allen 3 betrachteten Niederschlagsdauern zu ca.  $\frac{2}{3}$  erreicht. In den mittleren und kleinen Einzugsgebieten dagegen lagen die Gebietsniederschläge in sehr unterschiedlicher Distanz zum PMP. Diese unterschiedlichen prozentualen Anteile resultieren aus dem Verlauf der Gebietsniederschläge, wie er sich aus dem in Kap. 2.2.2 erläuterten Ereignisverlauf ergibt und wie er im Anhang 8.1 dargestellt ist.

Eine erste Gruppe bilden diejenigen kleineren und mittleren Einzugsgebiete, die in der Nähe des Hauptniederschlagszentrums vom Oktober 2000 liegen. Dort, im Raum Simplon hielten die Niederschläge ununterbrochen an. Entsprechend machen die 48-stündigen Niederschläge bis mehr als 75% des PMP entsprechender Dauer aus, während die 24-stündigen Niederschläge und vor allem die Werte von 3 Stunden deutlich unter dem jeweiligen PMP liegen. So nimmt z.B. der Anteil des beobachteten Niederschlags am PMP im Einzugsgebiet des Grossen Wassers von 80% beim 48-stündigen Niederschlag auf ca. 50% beim 24 Stunden und auf nur noch etwa 30% bei 3 Stunden ab.

In den nördlich und westlich ans Hauptniederschlagszentrum angrenzenden Gebieten mit zwei Perioden maximaler Niederschlagsintensitäten (am 13. und 15.10.2000) ist der Anteil am PMP Wert bei den 48stündigen Niederschlägen bis etwa 70% am höchsten. Diese Prozentwerte, zu welchen der PMP erreicht wurde, nehmen mit wachsender Distanz vom Hauptniederschlagszentrum rasch ab. So erreichte der Niederschlag in der Saltina für alle Zeiträume etwa doppelt so hohe Anteile am PMP Wert wie in der Massa nur wenig nördlich davon.

Nördlich bzw. östlich des Raumes Brig-Visp zeichnet sich nur noch eine Phase mit maximalen Niederschlagsintensitäten am Morgen des 15.10.2000 ab. Hier ist das Verhältnis zwischen den maximalen 3- und 24-stündigen Niederschläge und den jeweiligen PMP Werten zwangsläufig höher, als die beobachteten maximalen Niederschläge für 48 Stunden. Je weniger stark eines dieser Gebiete vom Ereignis betroffen war, desto eher ist der Anteil des maximalen 3-stündigen Niederschlags am PMP grösser als jener für 24 Stunden.

Im unteren Wallis – besonders unterhalb von Martigny – wo sich wieder 2 Niederschlagsphasen abzeichnen

(14. und 15.10.2000), verschiebt sich der höchste Anteil am PMP wieder zum 24-stündigen Niederschlag.

#### **Fazit**

**Die Dauer der Niederschläge vom 10. bis 16. Oktober 2000 und in weiten Teilen auch die Niederschlagsleistung waren aussergewöhnlich. Sie konzentrierten sich in der Schweiz überwiegend auf den Raum Simplon und das obere Wallis, reichten aber über das gesamte Wallis, mit einem relativen Schwerpunkt im Raum Grand St. Bernard.**

**Die am Maximaltag, den 13.10.2000, gefallenen Niederschläge sind in der Kernzone um Simplon extrem, im übrigen Wallis jedoch noch leicht geringer als im Vergleichsfall September 1993. Durch die mehrtägige Dauer der intensiven Niederschlagsphase etwa vom 13. bis gebietsweise zum 16.10.2000 war das Ereignis nicht nur in der Kernzone, sondern besonders auch im Raum Grand St. Bernard und weitgehend im übrigen Wallis sehr bis extrem niederschlagsreich. In Simplon Dorf, beim Niederschlagszentrum fielen an einem Tag 250 mm, an zwei Tagen 500 mm und im gesamten Ereignis über 700 mm. Dies entspricht etwa dem Doppelten der bereits als sehr selten eingestuften Niederschläge im September 1993. Im Raum Grand St. Bernard waren die Beträge zwar kleiner, aber in Bezug auf das trockenere Klima ebenfalls extrem. In beiden Hauptzonen erreichten die Gebietsniederschläge einzelner Einzugsgebiete für zwei Tage gegen 80% des wahrscheinlichen maximalen Niederschlags (PMP).**