

Zu den Niederschlägen zu Pfingsten 1999

von Richard Werner und Clemens Mathis

Zu den Autoren

Dr. Richard Werner, geboren 1950, Studium der Meteorologie und Physik. Studienassistent am Institut für Meteorologie und Geophysik an der Universität Wien, Mitarbeiter am Umweltinstitut des Landes Vorarlberg - Abteilung Luftreinhaltung, Mitglied der Geschäftsleitung ARGE Naturwissenschaften Vorarlberg, Autor mehrerer Veröffentlichungen über Vorarlberg aus klimatologischer und lufthygienischer Sicht.

DI Clemens Mathis, geboren 1959, Studium an der Technischen Universität Wien Bauingenieurwesen, Vertragsassistent am Institut für Wassergüte und Landschaftswasserbau, seit 1985 im Landeswasserbauamt, Leiter der Abteilung Gewässeraufsicht und danach Leiter der Abteilung Hydrographie.

Summary

Strong and extremely rainfalls in many zones of Vorarlberg made a sequence of processes of floods and erosion in same time. The history, the leading parameters and the sums of rain are reported for the 20th to 22nd of May 1999. In this three days in a network of 70 stations precipitation between 82 and 341 mm was recorded. An area of around 1700 km² has probably a rainfall of 150 mm or more.

Key words: storm, extremely rainfall, orographic precipitation, Vorarlberg, Austria

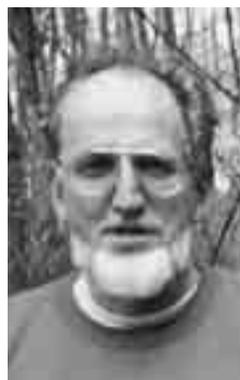
Zusammenfassung

Massive Niederschläge in vielen Teilen des Landes Vorarlberg führten zu zeitgleichen Überflutungen und zu starken Erosionsprozessen in mehreren Zonen des Landes. Die meteorologische Vorgeschichte, die Randbedingungen und die Menge der Niederschläge für den 20. bis 22. Mai 1999 sowie eine Einstufung der Extremwerte der ein- und dreitägigen Summen werden erarbeitet. Es wurden dreitägige Summen zwischen 82 und 341 mm Niederschlag gemessen, sodaß vermutlich rund zwei Drittel des Landes mit Mengen über 150 mm betroffen waren.

1. Einleitung

Die Bearbeitung wird über den Zeitraum von drei Tagen (20. bis 22. Mai 99) durchgeführt, da hier an den meisten Stationen mehr als wesentliche Niederschläge (d.h. mehr als 5 mm pro Tag) gefallen sind. Es werden in der Untersuchung die Daten des Hydrographischen Dienstes ebenso einbezogen, wie jene

**VORARLBERGER
NATURSCHAU
8
SEITE 159–176
Dornbirn 2000**



der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik. Weitere Meßstationen von Privatpersonen oder anderen Institutionen wurden nicht eingebunden, da sie den Informationsgehalt nur unbedeutend erhöht hätten.

Niederschlagsereignisse im Mai können durch erhöhte Lufttemperaturen mit stärkerem Wassergehalt in der Wolkenschicht und bei quasi-stationärer Lage der Niederschlagszonen eine hohe Ergiebigkeit aufweisen. Die Daten der Stationen sind im Gebirgsland etwa für eine Bezugsfläche von 2500 m x 2500 m näherungsweise gleich, wenn die Seehöhe nur wenig schwankt. Da viele Stationsstandorte in Tälern liegen, die relativ schmal sind (z.B. Gaschurn oder Schopferpau), sind Abweichungen von 25 bis 100 Prozent an den Hängen möglich. Die Prozesse im Mikroscale α (Ausmaße horizontal zwischen 250 m und 2500 m) lassen eine derartige Variationsbreite erwarten. Bei einer häufigsten Hangneigung von rund 30 Grad sind derartige Variationen plausibel. Somit können, wenn kein komponiertes Radarbild vorliegt, das über die 24 Stunden zusammengesetzt wurde, in größerer Distanz zum Meßpunkt nur Schätzwerte von einem Viertel der Größenordnung angenommen werden.

Die Arbeit beschreibt zuerst die eintägigen Niederschläge in ihrem Ablauf an den 73 Stationen und erfaßt danach die dreitägigen Niederschlagssummen aus dem sogenannten „Pfungstregen“. Für jeden Einzeltag werden Landkarten mit Stationen und Niederschlagsmengen angefertigt. Die Betrachtungen werden im Vergleich der eintägigen und dreitägigen Summen mit den älteren Daten im Lande, sowie einem Blick auf statistische Kennzahlen zu 50-jährigen Ereignissen in der etwas weiteren Umgebung abgeschlossen.

Die Mengen beziehen sich stets auf das Zeitfenster 7 Uhr (MEZ) bis 7 Uhr morgens des Folgetages, wie dies in den hydrographischen und klimatologischen Diensten international vereinbart wurde. Die dreitägige Summe beginnt somit am 20. um 8 Uhr MESZ (Mitteleuropäische Sommerzeit) und endet am 23. um 8 Uhr MESZ.

Zur besseren Beschreibung der eintägigen Niederschläge wurden fünf Klassen angeführt, die in der *Tabelle 1* dargestellt werden:

Tab. 1: die Niederschlagsklassen für eintägige Ereignisse Klasse

Klasse	Bereich	Kommentar
1; bedeutend	10 mm und mehr	„mit Stiefel und Schirm“
2; mäßig stark	25 mm und mehr	
3; stark	50 mm und mehr	etwa nach WUSSOW
4; sehr stark	100 mm und mehr	Muren wahrscheinlich
5; extrem stark	250 mm und mehr	

Das Meßnetz umfaßt Stationen von 400 bis 2040 m Seehöhe. Eine gradient-ähnliche Aussage über das gesamte Niveau (über die Zunahme des Niederschlags mit der Seehöhe) konnte aus Datenmangel nicht getroffen werden. Eine Erfassung von Höhengradienten ist auch in Teilflächen nicht möglich.

2. Zu den Niederschlägen um Pfingsten in Vorarlberg

2.1 Die Niederschläge am 20. Mai

Die Niederschläge reichten von 6,6 mm bis 58,8 mm. Der Median betrug 24,7 mm; das entspricht rund 25 Liter pro Quadratmeter. Rechnet man das auf die Fläche von Vorarlberg um, so ergibt dies 65 Millionen Kubikmeter Wasser. Diese Berechnung führt eher zu einem unteren Wert als eine plausible Bestimmung über alle Höhenbereiche.

Es gab nur zwei Stationen, die unterhalb der Klasse „bedeutend“ eingestuft wurden. In der ersten Klasse findet man 33 Stationen, in der zweiten Klasse 28 Stationen. Diese mäßig starken Niederschläge bedeuten im Regelfall eine vollständige Benetzung des Bodens und eine Ausfüllung des Porenvolumens bis in rund 1 m Tiefe. In Schönenbach, Sibratsgfäll, Schopperrau, sowie in Thüringerberg und Langen a.A. fielen starke Niederschläge. Diese fünf Standorte sind bekannt für das Eintreten von ausgeprägten Spitzen-Niederschlägen. Sehr starke Niederschläge (vierte Klasse) wurden nicht verzeichnet; sie sind aber in den Zonen Zentral und Nord des Landes und damit in manchen Gipfelregionen des Bregenzer Waldes und der Lechtaler Alpen zu vermuten.

Für die Beschreibung der Wetterentwicklung greift man auf den 19. Mai 1999 – Mittwoch – zurück. Um 6 UTC (d. e. 8 Uhr MESZ) ist die Bodenströmung Südwind und der Luftdruck in unserer Region beträgt 1020 hPa. Westlich findet man ein Tief mit einem Kern zwischen Brest und Clermont im Westen Frankreichs, an dessen Ostseite eine Okklusionsfront (Zusammentreffen von Kalt- und Warmfront) zu sehen ist. Um Bordeaux endet ein Höhentiefkern, der sich über ganz Spanien erstreckt. Auch beim Südteil des italienischen Stiefels liegt ein flaches Tief. Nordöstlich der Alpen liegt ein Hoch mit Kern bei Warschau. Die Okklusion des Tiefs über Frankreich reicht im Norden nach Nordwesten bis südlich von Irland. Weiter westlich von Irland ist eine heranziehende Kaltfront ersichtlich, die als Staffel von einem Islandtief stammt.

Um 06 UTC findet sich am 20. Mai ein Höhentiefkern über der Schweiz. Der Luftdruck im nördlichen Alpenrheintal beträgt 1015 hPa. Es liegt ein schwaches Tief über Dänemark. Die Bodenströmung herrscht aus Nordwest, wie dies aus den Isobaren zu entnehmen ist. Des weiteren findet sich eine zusätzliche Tiefdruckzelle mit Kern über Mittelitalien südlich der Alpen. Im Westen befindet sich ein Hoch über dem Atlantik mit einem Kern zwischen den Balearen und Portugal; sowie ein zweites Hoch über Finnland.

Die Nullgradgrenze lag im Durchschnitt am 20. bei 2350 m. Somit muß für dieses Höhenniveau und darüber mit Schneefall (kein Beitrag zum Abfluß) gerechnet werden.

Am Säntis wurde in den Morgenstunden heiter und windstill, zu Mittag leichter Schneefall, Nebel und Südwind mit 10 km/s registriert. Die Temperaturen lagen zwischen 0 und -1°C .

Zu erwähnen ist, daß in Warth am 3. Mai noch 50 cm Schnee lagen, der bezüglich der Schneedecke den Zustand „durchbrochen“ erreichte und die mit aperen Flecken bestehende Schneedecke ging bis zum 9. Mai auf 5 cm



162 Abb. 1: Niederschlagsmengen (mm) am 20.5.99 an den Stationen in Vorarlberg

Schneehöhe zurück. Die Beobachtung weisen an diesem Tag noch Schneeflecken auf. In Zürs hingegen liegt noch mehr Schnee und am 20. Mai hat die Station in 1700 m nahe des Flexenpasses noch 78 cm als Gesamtschneehöhe aufzuweisen.

Die Karte mit den Daten an den Stationen (*Abb. 1*) zeigt einen Streifen als räumliches Muster. Die Niederschlagszone hat einen westlichen Rand bei der östliche Talflanke des Rheintales und endet östlich uneinheitlich mit fleckenartigem Muster. Folgt man etwas der Zone mit 25 mm oder mehr, so sind Rätikon und Silvretta ausgenommen und auch das kleine Walsertal mit der Tannbergregion zeigt ein Minimum. Ein Hauptmaximum liegt in der Nordzone mit elliptischer Form und einer Hauptachse von Norden nach Süden (Ausdehnung etwa 15 km). Zwei singuläre Höchstwerte des Regens liegen wie oben erwähnt vor.

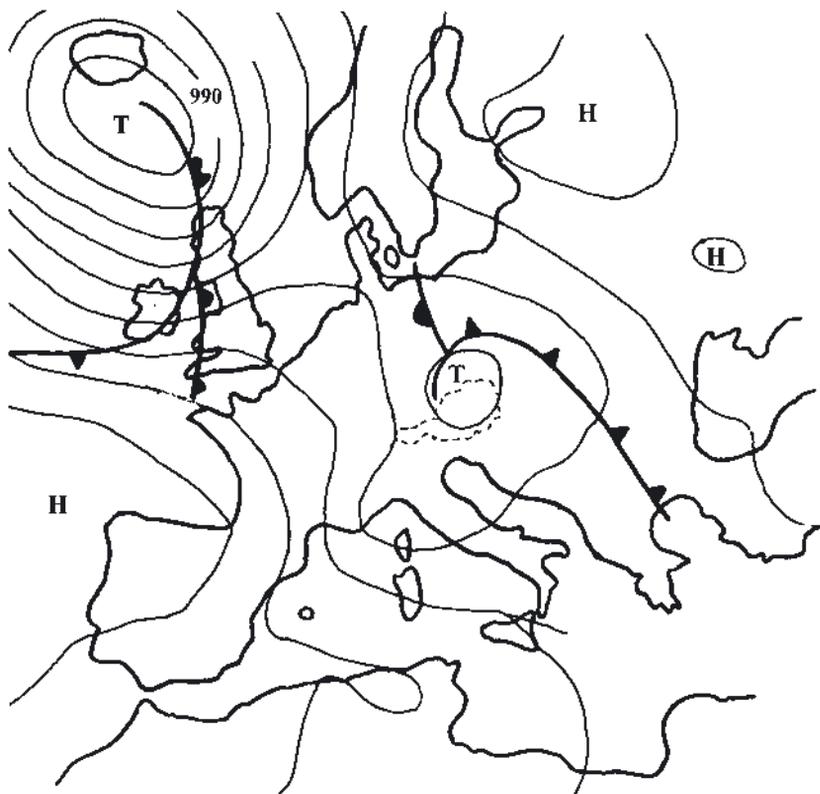
2.2 Die Niederschläge am 21. Mai

Die Mengen lagen zwischen 51,9 und 251,0 mm; der Median beträgt 120,3 mm. Dieser Parameter liegt somit beim 5-fachen des vorigen Tages. Bezogen auf die Landesfläche kann von schätzungsweise einem Volumen von 310 Millionen Kubikmeter Wasser gesprochen werden. Dies war der Tag mit den höchsten Tagessummen der dreitägigen Periode. Es traten Ereignisse an 24 Stationen mit der Klasse „stark“ ein. Im unteren Bereich dieser Klasse finden sich die Orte Gaißau, Meiningen und Lustenau und am oberen Ende rangieren Weiler, Möggers und Meschach. Mit diesem Vergleich wird ersichtlich, daß der Einfluß der Seehöhe beträchtlich ist, da die erste Dreiergruppe 55 mm Niederschlag erhielt, während die obere Dreiergruppe am Osthang des Rheintales oder in seinem Einflußbereich rund 99 mm – um 80 Prozent mehr – aufweist. Sehr starke Niederschläge (zwischen 100 und 250 mm) wurden an 43 Meßpunkten registriert. Die unterste Dreiergruppe umfaßt die Orte Tschagguns, Zürs und Gashorn. Damit wird eine gewisse Abnahme der Regenmenge mit der Nähe an die Zentralalpen absehbar. Der Median dieser Klasse liegt bei 139 mm und wurde an den Stationen Dalaas, Andelsbuch und Pfänder verzeichnet. Am oberen Ende dieser Klasse rangieren die Orte Schoppernau, Innerlaterns und Schönenbach. Als Extremwert mit einer fast unglaublichen Menge ist Thüringerberg mit 251 mm anzuführen. Dieser Datensatz zählt somit in die Klasse der extrem starken Niederschläge. Die vier genannten Orte sind bekannt für ihre Neigung zu sehr starken Niederschlägen, wie dies im *Kapitel 3* noch ausgeführt werden wird.

Die Karte mit den Daten an den Stationen (*Abb. 3*) zeigt einen Streifen als räumliches Muster. Die Niederschlagszone hat einen westlichen Rand bei den Osthängen des Rheintals bis zum Walgau einschnitt. Dann weicht die Regenzone etwas weiter Richtung Drei Schwestern aus. Die Silvretta als Südostzone ist vom sehr starken Regen ausgenommen. Auch die östliche Zone zeigt einen geringeren Starkregen. Der extrem starke Regen fällt bei Thüringerberg und ist östlich von Schönenbach zu vermuten, wenn man an höhere Lagen denkt. Genauere Aussagen können nur mit einem komponierten Radarbild getroffen werden.

Am Morgentermin des 21. Mai 1999 - Freitag - bestimmt ein Tief mit Zentrum über Südböhmen mit einer kleinen Okklusion und einer Warmfront im Nordsektor unser Wetter. Die Bodenströmung ist Nordwind, der über Deutschland auf Nordwest abschwänkt. Der Luftdruck beträgt 1010 hPa. Ein mächtiges Tief mit Zentrum südöstlich von Island (Kerndruck 980 hPa) hat eine Warmfront in der Normandie. Seine Kaltfront liegt südlich und östlich von Irland. Mit einer Okklusion von Schottland bis zur Kernzone, kann eine gewisse Alterung festgestellt werden. Der Alpenraum ist noch schwach von einem Hoch südöstlich von Finnland (Luftdruck im Kern: 1025 hPa) tangiert.

Abb. 2: Druckverteilung am 21.5.99 mit Fronten um 06 UTC (d. e. 8 Uhr MESZ) über Europa mit Landesgrenzen Österreichs (strichliert), nach ZAMG 1999, modifiziert
Erläuterung:
Warmfront ... schwarze Linie mit vollen Halbkreisen,
Kaltfront ... schwarze Linie mit vollen Dreiecken



Die Nullgradgrenze liegt im Mittel bei 2000 m, dies bedeutet Schneefall auf der Silvretta Hochalpenstraße und vermutlich auf dem Flexenpass. In Warth gibt es weiterhin Schneeflecken, die beobachteten Gewitter bleiben vermutlich auf den Ostteil des Landes beschränkt. Auf dem Säntis wurden morgens bei 0° C und Nebel leichten Schneefall und Nordwind mit 4,2 m/s (d.e. 15 km/h) gemessen. Zur Mittagszeit beträgt an der Gipfelstation in 2500 m Seehöhe nach Berichten der SMA bei Nebel die Lufttemperatur -1 °C und der Westwind weht mit 1,2 m/s.



Abb. 3: Niederschlagsmengen (mm) am 21.5. 1999 an den Stationen in Vorarlberg

2.3 Die Niederschläge am 22. Mai

Am dritten Tag lagen die Mengen zwischen 6,5 und 78,7 mm. Der Median betrug 22,6 mm und liegt im Bereich des 20. Mai. Für das ganze Land kann in grober Näherung eine Wassermenge von 59 Millionen Kubikmeter angenommen werden. Dennoch ist das Niederschlagsregime anders. In Frastanz gab es nur bedeutsamen Niederschlag. Mäßig starke Niederschläge wurden an 35 Stationen registriert. Am unteren Ende treffen wir die Orte Obervermunt, Kops und Amerlügen. Sie bestätigen die Abnahme der Niederschläge mit der Entfernung vom Alpennordrand. Im Bereich des Median findet man Golm, Vermunt und Zug. Am oberen Ende der Klasse 2 sind die Niederschläge fast 25 mm und werden an den Orten Götzis, Bürs und Bregenz gemessen. Starke Niederschläge wurden an 30 Meßpunkten erfaßt. Der Median dieser Gruppe liegt bei 32 mm und entspricht den Orten Schröcken, Sibratsgfall und Schoppernau. Am oberen Ende der Gruppe treffen wir Ebnit, Bödele und Schönenbach. Zur Klasse der sehr starken Niederschläge zählt an diesem Tag nur Baad am Ende des Kleinen Walsertales.

Die Karte mit den Daten an den Stationen (*Abb. 4*) zeigt einen Streifen als räumliches Muster. Die Niederschlagszone hat einen westlichen Rand bei den rechten Rheintalflanken, der sich an der rechten Talseite des Walgaus fortsetzt. Folgt man etwa dem Median dieses Tages als Richtschnur, so hat das Niederschlagsgebiet eine östliche Grenze von der Roten Wand zur Braunarlspitze und weiter in Richtung nach Nordost bis etwa Warth. Eine Niederschlagszelle mit rund 5 km Durchmesser ist im kleine Walsertal zu vermuten

Für die Wetterlage am 22. Mai 1999 – Samstag – gibt es wieder einen Höhentiefkern der um 06 UTC über Norditalien liegt. Die Bodenströmung ist Nordwest mit einem Knie zur Nordströmung nördlich des Alpenhauptkammes. Ein kleines Tief findet man bei Rom, ein weiteres über den Faraöer Inseln. Diese Druckkonfiguration erzeugt eine geschwungene Kaltfront von Mittelnorwegen über Mitteldeutschland bis südlich der Normandie. Die beiden Hochdruckzellen liegen mit Kern westlich von Portugal im Atlantik und etwas südlich von Moskau auf dem Kontinent.

Die Nullgradgrenze liegt bei 1800 m; die abgekühlten Luftmassen haben deutlich weniger Wasserdampfgehalt, jedoch liegt die Sichtweite in Warth zwischen 3000 und 4000 m, so daß Lech wegen Wolkenfetzen unsichtbar bleibt. Am Säntis wird neben Nebel (Wolkendecke) gefrierender Regen beobachtet und die Temperatur liegt beim Gefrierpunkt. Zur Mittagszeit herrscht in der Gipfelzone Westwind mit 4 bis 5 m/s und bei -1°C ist nochmals leichter Schneefall zu beobachten.

2.4 Die Summe der dreitägigen Regenperiode

In der dreitägigen Niederschlagsperiode wurden rund 90 Prozent der Landesfläche von Niederschlägen zwischen 81,6 und 340,7 mm beeinflusst. Diese Bandbreite deutet auch an, daß ganz unterschiedliche Zonen mit bis zum 4-fachen der Niederschläge der Areale mit den tiefen Mengen vorliegen. Der Median liegt bei 165,9 mm; das entspricht rund 1660 m^3 pro Hektar. Im unteren Bereich sind die



Abb. 4: Niederschlagsmengen (mm) vom 22.Mai 1999 an den Stationen in Vorarlberg

Mengen der Orte Gaißau, Meiningen und Kops zu finden. Um den Median scharen sich die Daten der Stationen Rodund, Vermunt und Sulzberg, daran lassen sich auch die heterogenen Strukturen ablesen, die durch die Reliefmuster und Geländeformen bestimmt sind. Die topographischen Verhältnisse spielen bei den Niederschlagsabfolgen mit einer Kombination von Auswirkungen in mehreren Form-Elementen mit unterschiedlicher Ausprägung und Ausmaßen eine bedeutende Rolle. Im oberen Bereich sind die Meßdaten der Stationen Innerlaterns, Thüringerberg und Schönenbach zu finden. Auch diese drei Stationen bilden ein Ensemble, das auf die Wirkung von mindestens zwei Gebirgsstöcken in Hinblick auf eine Verstärkung der Niederschläge schließen läßt.

Einen Einblick in die räumliche Verteilung gibt die Landkarte der dreitägigen Summen. Es ist in der *Abbildung 5* ersichtlich, daß die Osthänge des Rheintales ein gewisse Erhöhung bedeuten, die sich etwa in den Rätikon fortsetzt. Die Zone unter dem Median ist auch im südöstlichen Landesteil noch anzutreffen. Zwei Zonen mit Spitzenniederschlägen sind im Zentralraum (belegbar durch Damüls, Innerlaterns und Thüringerberg) und in der Nordzone (belegbar durch Sibratsgfäll, Schönenbach und Schopperrau) festzustellen. Singuläre Höchstwerte sind in Doren und am Bödele registriert worden.

Während den 72 Stunden waren mehrere Rahmenbedingungen im naturräumlichen Gefüge eingetreten, die zu Überflutungen und Massenbewegungen führten. Dabei kam es zu massivem Abfluß in Bächen und Flüssen und zu großen Erdbewegungen, die Straßenabschnitte abrutschen ließen oder Häuser bis zu hundert Meter verschoben. Außerdem wurden in den flachen Landesteilen die meisten Senken oder flachen Mulden bei Wiesen und Äckern zu Wasserflächen umgewandelt. Auswirkungen betrafen vereinzelt die Trinkwasserversorgung und die Funktionstüchtigkeit der Abwasserreinigungssysteme wurde strapaziert und auch teilweise überfordert. In einigen Landesteilen wurden einzelne oder mehrere Häuser vorsorglich evakuiert und die Bewohner mehrerer Gebiete waren halb- oder mehrtägig mit der Schadensbegrenzung beschäftigt.

3. Vergleiche und Interpretation

3.1 Die Tagesmaxima des Niederschlages

Eintägige Niederschläge sind in Vorarlberg häufig im Bereich von „stark“ bis „sehr stark“. In der Periode 1991 bis 97 findet AUER (1998) für Bregenz jährliche Ereignisse mit 58 mm und zehnjährliche Ereignisse mit 82,7 mm. Die Menge am 2. Tag liegt bei 85 mm und wird somit als 12-jährliches Ereignis abgeschätzt.

Für Warth findet AUER in der Periode 1985 bis 97 jährliche Ereignisse von 68,8 mm und zehnjährliche Ereignisse mit 108,9 mm. Der Niederschlag von 107,1 mm am 2. Tag läßt auf ein etwa zehnjährliches Ereignis schließen.



Abb. 5: Niederschlagsmengen (mm) vom 20. bis 22. Mai 1999 an den Stationen in Vorarlberg

Außerdem zählt das Gebiet zwischen Ebnit und Bildstein nach ZELLER 1972 zu einer Starkregenzone mit mehr als 200 mm pro Tag. Auch in den umfangreichen Arbeiten von HAIDEN et al. (1989) und NOBILIS et al. (1991) finden sich deutliche Hinweise auf potentielle Extremregenfälle zwischen 210 und 250 mm als eintägiges Ereignis über die Nordzone Vorarlbergs verteilt und im zentralen Raum als mittelgroßes Areal im Bereich Walserkamm und Umgebung. Als niederschlagsreich bekannt sind die Zonen westlich des Hohen Ifen, da sie auch bei den Jahreszeitensummen hervorstechen. Gleich können die Zonen um den Walserkamm eingestuft werden, wenn man frühere Schadensmeldungen bezüglich Stärke und Häufigkeit heranzieht.

Wie GRABHER und MATHIS (1999) zusammenstellten, sind manche eintägige Regensummen zu Pfingsten als in 100 Jahren einmalig einzustufen.

3.2 Vergleich der dreitägigen Niederschlagssummen

Für Warth wurden von AUER für dreitägige Summen in 10 Jahren als einmaliges Ereignis ein Wert von 178 mm errechnet. Der Pfingstniederschlag liegt bei 146 mm. Es handelt sich somit um einen Fall der öfters eintritt. Den errechneten Wiederkehrzahlen nach (AUER 1998a) ist von einem 3 jährlichen Ereignis zu reden. Berücksichtigt man die Daten der Hydrographischen Station in Warth mit 170 mm in drei Tagen, ist dennoch auf ein zehnjährliches Ereignis zu schließen.

Die statistischen Kennzahlen für Starkregen der Station Dornbirn beziehen sich auf die Periode 1992 bis 1997 und weisen für eine Wiederkehr alle 10 Jahre (im Durchschnitt) eine Menge von 117 mm (AUER 1998b) aus. In der dreitägigen Regenperiode des Mai 99 wurden 133 mm gemessen, sodaß ein 25-jährliches Ereignis zu vermuten ist.

Zusammenstellungen über dreitägige Niederschlagsperioden liegen einerseits über die Dekade der 70er Jahre (HYDROGRAPHISCHER DIENST 1984) und die Dekade der 80er Jahre (HYDROGRAPHISCHER DIENST 1994) vor. Sie wurden zur Ermittlung von Vergleichswerten herangezogen.

Aus den beiden Dekaden 1971 bis 1980 und 1981 bis 1990 wurden die Spitzenwerte der dreitägigen Niederschläge herausgesucht, um eine Vergleichsbasis für 20 Jahre zu erhalten. Es konnten dabei 55 Meßstellen verwendet werden, die über 20 Jahre (das entspricht rund 7300 Datensätzen) Messungen aufwiesen. Aus der *Abbildung 6* ist ersichtlich, daß die meisten Orte dreitägige Niederschläge zwischen 151 und 180 mm aufweisen. Insgesamt sind dreitägige Summen zwischen 121 und 210 mm der klassische Einzelfall mit einer Wahrscheinlichkeit von 1/7300.

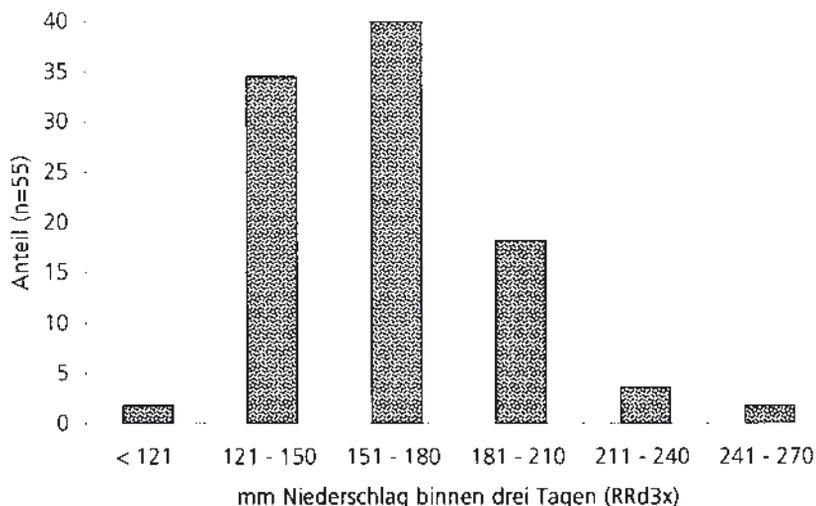


Abb. 6: Häufigkeit dreitägiger Niederschlagsmaxima an Stationen von 1971 bis 1990 in Vorarlberg

Zu Pfingsten liegen die Niederschläge jedoch deutlich höher als die obigen Angaben. Es zeigt sich eine Drängung in der Klasse zwischen 151 und 180 mm mit rund 25 Prozent der Beobachtungen. Dieser Anteil liegt tiefer als die Vergleichszahlen von 40 Prozent für die zwanzigjährige Periode. Hingegen sind die relativen Häufigkeiten der Höchstwerte angestiegen. Die Ereignisse zwischen 211 und 240 mm liegen bei rund 13 Prozent, während sie im Vergleichszeitraum knapp 3 Prozent ausmachen. Die rückblickende Analyse bringt 2 Prozent der Ereignisse mit über 240 mm Niederschlag; dagegen ist der extreme Regen in dieser Klasse und darüber zu Pfingsten mit 15 Prozent der Ereignisse deutlich häufiger einzustufen.

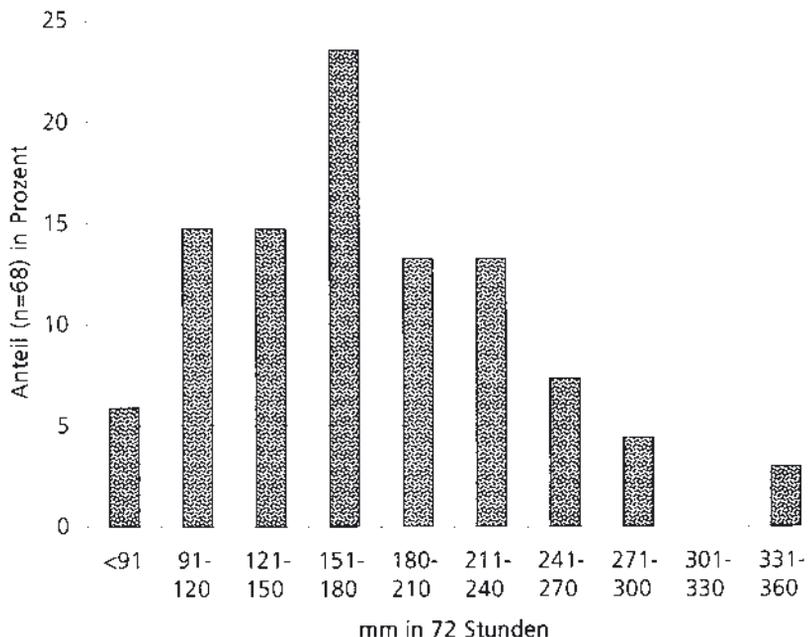


Abb. 7: Häufigkeitsverteilung der Pfingstniederschläge (mm) in Vorarlberg

Eine Analyse zur Gleichzeitigkeit der Maxima konnte aus Zeitmangel nicht durchgeführt werden. Die Beurteilung der Pfingstniederschläge in dieser Hinsicht wird erfolgen, wenn eine dreißigjährige Periode vorliegt.

Aus der Dekade 1981 bis 1990 konnte allerdings erhoben werden, daß von 14 Ereignissen, die alle 59 Stationen betrafen, keinesfalls das ganze Land (d.h. alle Stationen) am selben Tag den höchsten Niederschlag hatten. Die größte Gruppe von Meßstellen umfaßt 29 Prozent der Stationen, die zur selben Periode (16. bis 18. Juli 1981) ein Maximum hatten. Dann folgen zwei Ereignisse mit 14 und 12 % der Stationen (3. bis 5.8.85 und 30.7. bis 1.8.83). Die Maxima treten auch isoliert (zeitlich und räumlich getrennt) an fünf Stationen auf. Aufgrund der doch sehr wichtigen Frage für die Gemeinschaft und die Funktionstüchtigkeit ihrer Transportsysteme oder Infrastrukturen (speziell mit der Wassernutzung) sollten die raum-zeitlichen Kenntnisse erweitert werden.

Zum Vergleich wurden zweitägige Niederschlagsmaxima (RRd2x) und fünftägige Niederschlagsmaxima (RRd5x) bezogen auf jeweils 50 Jahre von ZELLER (1981) aus den Diagrammen der Veröffentlichung abgelesen und zusammengestellt.

Umgebung von Vorarlberg:

Ort	RRd2x	RRd5x	Seehöhe
Ravensburg	110	145	457
Amriswil	110	130	450
Galtür	110	145	1584
See i. Pazn.	130	165	1060
	mm	mm	m

In Vorarlberg:

Ort	RRd2x	RRd5x	Seehöhe
Trominier	110	175	1750
Partenen	125	165	1020
Blons	205	310	900
Ebnit	230	290	1100
Damüls	205	280	1430
Bregenz	220	260	440
	mm	mm	m

Aus den Zahlen läßt sich ableiten, daß der alpine Raum in 50 Jahren etwa doppelt soviel Niederschlag als Regenspitze in zwei Tagen erhält wie das Alpenvorland und andere flache Regionen. In der beschriebenen dreitägigen Phase kann für Trominier ein 70-jähriges Ereignis, für Partenen ein etwa 30-jähriges Ereignis, für Blons ein 50-jähriges Ereignis, für Ebnit ein 30-jähriges Ereignis, für Damüls ein 70-jähriges Ereignis und für Bregenz ein 15-jähriges Ereignis abgeschätzt werden. Diese Einstufung mit Unterschieden bis zum Fünffachen, zeigt deutlich die Einflüsse der Topographie, die bei derartigen Regenfällen als beeinflussend über Seehöhe, Orientierung und wahrscheinlich modifizierend über die Windscherung und thermische Schichtung bei Strömungsvorgängen abwägbar ist.

Der Arbeit von HEGG et al. (2000) ist zu entnehmen, daß Hochwasserschäden im Mai auch in den Ostschweizer Kantonen St. Gallen und Thurgau ein starkes Ausmaß erreichten. In der genannten Veröffentlichung werden die beiden Mai-Unwetter zusammen dargestellt. Auch im Kanton Graubünden ist zwischen Maienfeld und Klosters in den Tallagen eine Schadenszone mit leichten und mittleren Schäden zu erkennen. Die mittleren Schäden reichen von Beträgen zwischen ATS 400'000 bis ATS 2'000'000 und konnten mehrfach den Niederschlägen um Christi-Himmelfahrt und der Pfingst-Periode zugewiesen werden.

Die Niederschlagsanalyse für den 21. Mai 1999 anhand der Klimastationen in der Schweiz (CENAT 2000) zeigen eine Niederschlagszone mit elliptischer Form, wobei die Hauptachse eine Richtung von Südwest nach Nordost aufweist. Das Ausmaß der Zelle mit über 80 mm Tagessummen beträgt 100 km auf 40 km. Die Zelle ragt in des Rheintal südlich des Bodensees hinein, sodaß die Fortsetzung des Niederschlagsgeschehens wegen der verwandten Topographie im nördlichen und mittleren Vorarlberg sehr plausibel ist. Die Messdaten bestätigen diese Vermutung und weisen ebenfalls auf eine bandartige Struktur des Niederschlagsregimes hin. Der Regenstreifen legt sich vermutlich an die Krümmung des Alpenbogens auf eine Länge von rund 200 km an. Innerhalb dieser Region in der Schweiz sind Maxima von 140 mm sowie von 200 mm erkennbar. Die Region entspricht den Kantonen St. Gallen und Appenzell sowie den Glarner Alpen. Einzelne Sekundärzellen ragen nach Süden aus.

Zudem findet man südlich des Rätikons ein weiteres Niederschlagsmaximum von 140 mm, das sehr gut mit den Messungen im Nenzinger Himmel und an den benachbarten Stationen in Einklang zu bringen ist.

3.3 Zur Vorgeschichte und den möglichen Auswirkungen

Jede Fläche wird bei derartigen Niederschlagsmengen abhängig von den vorherigen Regen- oder Trockenperioden unterschiedlich ausgeprägte Wirkungen zeigen. Im Falle der Pfingstregenfälle sind grössere Niederschläge zwischen dem 11.5 und 12.5 mit jeweils rund 50 mm zu erwähnen. Die Niederschlagsperiode begann aber schon am 10. und endete am 14. Mai 1999. Die Niederschläge in St. Gallen lagen vom 11.5 18 Uhr bis zum 12.5. 18 Uhr bei 96 mm, wobei die Stationsmessdaten weitgehend den Mengen des Raumes entsprechen, wie dies

von GREBNER und ROESCH (1999) inzwischen zusammengestellt wurden. Zwischen den beiden Regenperioden sind zwei oder drei Tage niederschlagsfrei gewesen, die keine großen Abflüsse und zudem keine großen Verdunstungsraten brachten. Immerhin gab es gerade 21 MJ/m² Sonnenenergie zwischen 16. und 18. 5. täglich in Bludenz (UMWELTINSTITUT 1999). An wolkenlosen Maistagen werden an diesem Bereich 27 bis 30 MJ/m² erreicht. Diese dreitägige Phase reichte somit aus, um 15 bis 20 mm an Wasser aus der Bodenschicht über die Verdunstung zu entfernen. An den beiden Starkregentagen (20. und 21.) wurden zum Vergleich im Mittel 3,5 MJ/m² pro Tag gemessen. Obwohl keine Meßdaten zum Wassergehalt des Bodens vorliegen, ist davon auszugehen, daß der Boden mit Wasser zu 95% gesättigt war. Seine Aufnahmefähigkeit war minimal und kann auf 5 Prozent Massenanteil geschätzt werden.

Im Mai 99 lagen am Monatsanfang am Patscherkofel noch 93 cm Schnee, der dann 25 Tage andauerte. Somit ist in 2250 m Seehöhe zu Pfingsten mit 15 cm Schnee zu rechnen. Dies bestätigen auch MATHIS und GRABHER (1999) mit den Meßdaten der Station Zürs. Sie geben für den Beginn der letzten Maidekade rund 70 cm an diesem Standort in 1700 m Seehöhe an. Dies bedeutet, daß über 2000 m mit Regenfällen auf Schnee oder Schneefällen auf Schnee zu rechnen war. Ein Teil der Landesfläche von rund 400 km² konnte somit keinen Beitrag zum Abfluß in aktueller Art (binnen 72 Stunden) liefern.

Zwischen 1500 und 2000 m Seehöhe liegen rund 650 km², die teils mit Wald bestockt sind, sodaß eine Benetzung an Bäumen und eine Anlagerung an Ästen und Stämmen zu berücksichtigen ist. Zwischen 1000 und 1500 m Seehöhe findet man rund 610 km², die ebenfalls eher bewaldet sind und ähnliche Retentionsprozesse aufweisen wie die vorherige Höhenzone. Zwischen 500 und 1000 m liegt eine Landesfläche von 600 km², welche teils eine Landnutzung mit Wiesen und teils mit Wald aufweist. Auch hier konnten einige Speichervolumina (über die Interzeption) angenommen werden. Das Tiefland (Rheintal und Teile von Walgau und Leiblachtal) umfaßt eine Fläche von 250 km² mit Siedlungsräumen und landwirtschaftlichen Gebieten oder Grünzonen. Alle diese Flächen werden etwa 10 mm am Regenbeginn aufnehmen. Eine Infiltration von 1 m Tiefe läßt sich gerade noch abschätzen, wenn man von 5% verfügbarem Porenvolumen ausgeht. Damit können etwa 50 mm gespeichert werden. Das ergibt für die Bezugsfläche ein Speichervolumen (theoretisch) von 110 Millionen Kubikmeter.

Daraus kann eine grobe Schätzung betreffend Abfluß im Hang- und im Gewässernetz abgeleitet werden. Die Mengen werden auf 220 bis 280 Millionen Kubikmeter für drei Tage errechnet.

Auf den Bodensee läßt sich eine einfache Auswirkung berechnen, wenn man die gesamte Menge auf die 500 Quadratkilometer des Obersees umlegt. Auf die 500 Millionen m² verteilt führen die 220 Millionen m³ Wasser zu einem Anstieg um 0,44 m. Die 280 Millionen m³ Niederschlag würden theoretisch einem Anstieg des Seespiegels – vorausgesetzt, daß gleichzeitig kein Abfluß stattfindet – um 56 cm bewirken.

Für eine erweiterte Untersuchung zum Niederschlags-Abflußprozess über die dreitägige Periode wäre eine Einbindung von Klima-Experten und hydrologischer

Fachleute mit externer Unterstützung aus dem Bereich der technischen Universitäten oder verwandter Arbeitsgruppen mit hohem Praxisbezug effektiv und zielführend. Der Wasserreichtum von Vorarlberg zeigt in diesem Extremfall auch seine Schattenseiten, die derzeit nicht ausreichend erfaßt und beschrieben sind.

4. Danksagung

Für die Bereitstellung der Daten bedanken wir uns bei den beiden Dienststellen, die auch die Niederschlagsnetze betreuen. Besonderer Dank gilt Herbert Heim, der uns bei der Erstellung der Karten unterstützte.

5. Literatur

AUER I. (1998a): Niederschlag und Gewitter, Kapitel 4, Klimatographie von Vorarlberg, Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, im Auftrag der Vorarlberger Landesregierung – Umweltinstitut des Landes Vorarlberg, Wien, unveröffentlicht.

AUER I. (1998b): Die zeitliche und räumliche Struktur der Niederschläge in Vorarlberg, Eine empirische Untersuchung, Rheticus, Heft 2, 135–146

CENAT (2000): Forum Hochwasser 99, Analyse der Hochwasserereignisse im Frühjahr 1999 aus der Sicht der Forschung und der öffentlichen Hand, Tagungsunterlage, Red.: KRUMMBACHER B. und C. BERNI, Koordinationsstelle CENAT, c/o Eidg. Inst. für Schnee- und Lawinenforschung, Davos. Beitrag von MÜLLER E. und P. HÄCHLER, „Die synoptische Entwicklung, die zu den Starkniederschlägen im Mai 1999 führte“, unveröffentlicht

GRABHER R. und C. MATHIS (1999): Mitteilungsblatt des Hydrographischen Dienstes in Österreich, Nr. 79, S 59–68.

GREBNER D. und T. ROESCH (1999): Zusammenhänge und Beurteilung der Hochwasserperiode vom 11. bis 15. Mai 1999, „wasser, energie, luft“, Jahrgang 91, Heft 5/6, S 127–132.

Haiden T., P. KAHLIG, M. KERSCHBAUM, F. NOBILIS (1989): Zum Einfluß der Orographie auf den vermutlich größten Niederschlag, Mitteilungsblatt des Hydrographischen Dienstes in Österr., Nr. 61, S 62–72

HEGG C., A. BADOUX, C. GRAF, G. RÖTHLISBERGER (2000): Unwetterschäden in der Schweiz im Jahre 1999, „wasser, energie, luft“, Jahrgang 92, Heft 3/4, S 59–68.

HYDROGRAPHISCHER DIENST (1983): Hydrographischer Dienst in Österreich, Die Niederschläge, Schneeverhältnisse und Lufttemperaturen in Österreich im Zeitraum 1971–1980, Beiträge Heft 46, Hrsg: Hydrographisches Zentralbüro im BMLF, Wien.

HYDROGRAPHISCHER DIENST (1994): Hydrographischer Dienst in Österreich, Die Niederschläge, Schneeverhältnisse und Lufttemperaturen in Österreich im Zeitraum 1981–1990, Beiträge Heft 52, Hrsg: Hydrographisches Zentralbüro im BMLF, Wien.

MATHIS C. (1999): Hydrographischer Dienst in Vorarlberg, Bericht zum „Bodenseehochwasser 1999“, Eigenverlag des LWBA, im Juni 1999.

NOBILIS F., T. HAIDEN, M. KERSCHBAUM (1991): Statistical Considerations Concerning Probable Maximum Precipitation (PMP) in the Alpine Country of Austria, *Theor. Appl. Climatol*, 44, p 89–94

SMA: Schweizerische Meteorologische Anstalt, Wetterdaten vom 20. bis 22.5.(07 und 12 Uhr), extrahiert von der Wetterdienststelle Bregenz.

UMWELTINSTITUT (1999): Globalstrahlungsdaten von Bludenz-Rathaus, Extrakt aus der Luftdatenbank mit UBIS 2.1, unveröffentlicht.

WUSSOW G. (1922): Untere Grenzwerte dichter Regenfälle, *Met. Zeitschrift*, S 173

ZAMG (1999): Wetterkarte für Österreich, veröffentlicht von der Abteilung Synoptik, Fax vom 21.05.1999

ZELLER J. (1972): Beitrag zur Wildbachgeographie der Schweiz, *Schweiz. Zeitschrift für Forstwesen*, Nummer 11, 767–774; resp. *Berichte EAFV*, Nr. 94

ZELLER J. (1981): Starkniederschläge und ihr Einfluß auf Hochwasserereignisse, Elemente zur Abschätzung der Hochwasserabflüsse kleiner Einzugsgebiete. Bericht Nr. 126 der Eidg. Anstalt f. das forstliche Versuchswesen, Herausgegeben von W. Bosshard, Birmensdorf, 1981

Anschrift der Autoren:

*Dr. Richard Werner
Umweltinstitut des Landes Vorarlberg
Montfortstrasse 4
A-6901 Bregenz*

*D. I. Clemens Mathis
Landeswasserbauamt
Hydrographischer Dienst
Jahnstrasse 13
A-6901 Bregenz*

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Vorarlberger Naturschau - Forschen und Entdecken](#)

Jahr/Year: 2000

Band/Volume: [8](#)

Autor(en)/Author(s): Mathis Clemens, Werner Richard

Artikel/Article: [Zu den Niederschlägen zu Pfingsten 1999. 159-176](#)