



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement des Innern EDI
Bundesamt für Meteorologie und Klimatologie MeteoSchweiz

Arbeitsbericht MeteoSchweiz Nr. 213

Eine Länder übergreifende Niederschlagsanalyse zum August Hochwasser 2005. Ergänzung zu Arbeitsbericht 211

Christoph Frei



Arbeitsbericht MeteoSchweiz Nr. 213

Eine Länder übergreifende Niederschlagsanalyse zum August Hochwasser 2005. Ergänzung zu Arbeitsbericht 211

Christoph Frei

Bitte zitieren Sie diesen Arbeitsbericht folgendermassen

Frei, C., 2006: Eine Länder übergreifende Niederschlagsanalyse zum August Hochwasser 2005. Ergänzung zu Arbeitsbericht 211. *Arbeitsberichte der MeteoSchweiz*, **213**, 10 pp.

Herausgeber

Bundesamt für Meteorologie und Klimatologie, MeteoSchweiz, © 2006

MeteoSchweiz
Krähbühlstrasse 58
CH-8044 Zürich
T +41 44 256 91 11
www.meteoschweiz.ch

Weitere Standorte
CH-8058 Zürich-Flughafen
CH-6605 Locarno Monti
CH-1211 Genève 2
CH-1530 Paverne

Zusammenfassung:

Dieser Arbeitsbericht ergänzt die umfassende Analyse der MeteoSchweiz zu den Starkniederschlägen im August 2005 (MeteoSchweiz 2006) mit einer Länder übergreifenden Niederschlags-Analyse für alle vom Ereignis betroffenen Gebiete. Die Auswertungen stützt sich auf einen Datensatz konventioneller Niederschlagsbeobachtungen (insgesamt 1929 Stationen) aus Süd-Deutschland, Österreich und der Schweiz. Die Analyse zeigt die aussergewöhnliche Ausdehnung der Starkniederschläge über ca. 400 km entlang dem Alpennordrand. Die in der Schweiz registrierten extremen Messwerte werden zwar in Österreich und Deutschland nicht übertroffen, aber regional betrachtet sind während den drei Tagen des Ereignisses im Gebiet des Arlberg vergleichbare Niederschlagsmengen gefallen wie in der Zentralschweiz und im Berner Oberland. Auch im Vorarlberg wurde an einigen Messstationen Wiederkehrperioden von über 100 Jahren erreicht, für die 2-Tages und die 1-Tages Summe sogar an rund einem Dutzend Stationen. Detaillierte Vergleiche zeigen aber, dass der extreme Charakter des Ereignisses in der Zentralschweiz (Anzahl Stationen mit einem Jahrhundertereignis, Höhe der Wiederkehrperiode) am östlichen Alpennordrand von Österreich und Deutschland nicht ganz erreicht wird.

1) Einleitung

Das August-Hochwasser 2005 hat neben der Schweiz auch Teile von Österreich und Deutschland betroffen. In Österreich waren vor allem die Bundesländer Vorarlberg und Tirol betroffen. Alleine in Vorarlberg (rund 1/20 der Fläche der Schweiz) sind 180 Mio. Euro Schäden registriert worden. Die Eisenbahnlinie über den Arlberg blieb für mehr als drei Monate ausser Betrieb (Amt der Vorarlberger Landesregierung 2005). In Deutschland waren vor allem die südlichen Teile von Bayern betroffen. Das Bundesland Bayern hatte einen Gesamtschaden von 172 Mio. Euro zu verkraften (Bayerisches Staatsministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz, 2005).

Dieser Arbeitsbericht stellt eine Länder übergreifende Analyse des Niederschlagsgeschehens vor und erlaubt damit Einblicke in die räumliche Struktur und Gesamtausdehnung des Ereignisses, sowie quantitative Vergleiche zwischen den hauptsächlich betroffenen Gebieten.

Diese Auswertungen standen erst nach der Fertigstellung der umfassenden meteorologischen und klimatologischen Ereignisanalyse der MeteoSchweiz zur Verfügung (MeteoSchweiz 2006). Deshalb werden sie in diesem eigenständigen Arbeitsbericht publiziert, der aber als Ergänzung des früheren Berichts gedacht ist.

2) Daten und Methoden

Die Länder übergreifende Niederschlags-Analyse wurde unter Benützung von Niederschlags Beobachtungen aus Österreich, Deutschland (südlich 49°N) und der Schweiz durchgeführt. Die Daten für Österreich (842 Stationen) wurden von der Abteilung Wasserhaushalt im Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft in Wien zur Verfügung gestellt (Bearbeitungsstand März 2006). Für Süddeutschland hat der Deutsche Wetterdienst in Offenbach 605 Stationszeitreihen bereitgestellt. Das Niederschlagsmessnetz der Schweiz (482 Stationen der MeteoSchweiz und des Eidgen. Instituts für Schnee und Lawinenforschung) ist in MeteoSchweiz (2006) beschrieben. Abb. 1 zeigt die Verteilung der in der Analyse verwendeten Stationen.

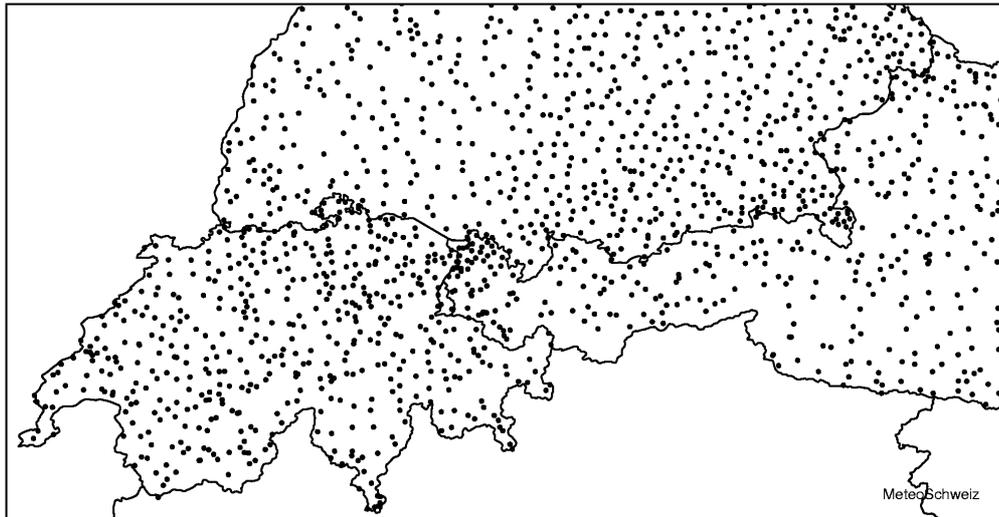


Abb. 1: Stationen von welchen Messungen in der überregionalen Niederschlagsanalyse verwendet wurden. Insgesamt 1929 Stationen. (Siehe auch Frei und Schär 1998)

Die räumlichen Analysen der Niederschlagsverteilung (Gitterung) wurden mit demselben Verfahren durchgeführt wie diejenigen für die Schweiz (siehe Kapitel 2 in MeteoSchweiz 2006). Insbesondere stand als klimatologische Grundlage eine Alpen-weite Analyse des mittleren monatlichen Niederschlags zur Verfügung (Schwab et al. 2001).

Analog zur klimatologischen Einordnung des Ereignisses in MeteoSchweiz (2006) wurde für die Länder übergreifenden Messungen eine Extremwert Analyse durchgeführt und die Wiederkehrperiode der beobachteten Niederschlagssummen geschätzt. (Für Informationen über die verwendete Methode siehe Frei et al.

2006). Als Datengrundlage für diese Analyse diente der alpinweite Niederschlagsdatensatz des Instituts für Atmosphäre und Klima der ETH Zürich (Frei und Schär 1998). Der Datensatz stand im Rahmen einer bilateralen Zusammenarbeit zwischen ETH und MeteoSchweiz für diese Ereignisanalyse zur Verfügung. Bei den Extremwertauswertungen wurden tägliche Niederschlagsmessungen für die Periode 1971-1999 berücksichtigt, wobei die Analyse nur für jene 1314 Stationen durchgeführt wurde, welche mindestens 25 Beobachtungsjahre aufweisen. Eine längere Referenzperiode (z.B. 40 Jahre in MeteoSchweiz 2006) war wegen der eingeschränkten Verfügbarkeit alpiner Niederschlagsreihen nicht möglich. Die geschätzten Wieder-

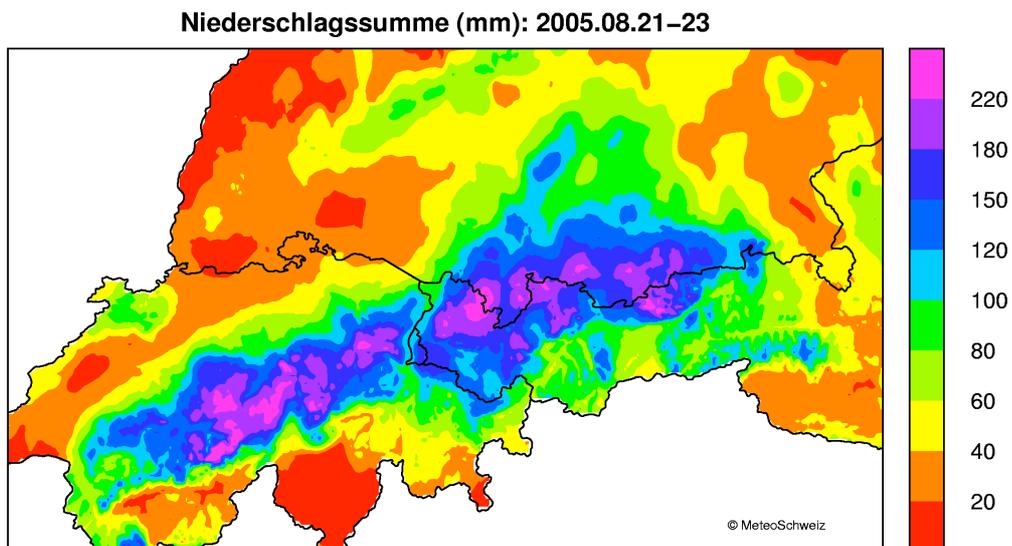


Abb. 2: 72-Stunden Niederschlagssumme vom Morgen des 21. bis zum Morgen des 24. August 2005.

kehrperioden unterliegen deshalb grösseren Unsicherheiten wie diejenigen in MeteoSchweiz 2006.

3) Resultate

Auf der Alpennordseite der drei Alpenländer haben die starken Niederschläge während den drei Tagen vom 21.-23. August gedauert. Abb. 2 zeigt die Verteilung der Niederschlagssumme über diese 3 Tage. Das Gebiet starker Niederschläge erstreckt sich über eine Distanz von rund 400 km entlang dem nördlichen Alpenrand von den Freiburger Alpen bis Kufstein. Gebiete mit besonders hohen Niederschlagsmengen sind die Zentralschweiz und die Allgäuer/Arlberger Alpen. Die grössten 3-Tages Summen wurden in der Schweiz gemessen (mehr als 250 mm: Gadmén 320 mm, Rotschalp 283 mm, Weesen 277 mm und Amden 267 mm). Aber die 250 mm Marke wurde auch an Stationen in Österreich (Innerlartens 269 mm, Ebnet 268 mm, Au 257 mm) und Deutschland (Balderschwang 259 mm) überschritten. Bemerkenswert ist auch, dass in Bayern nicht nur die Voralpen betroffen wurden. Auch in weiten Teilen des angrenzenden Vorlandes hat es mehr als 80 mm geregnet.

Am ersten Tag des Ereignisses (21. August, Abb. 3) sind die Niederschläge im Vergleich zu den nachfolgenden Tagen eher gleichmässig über ein grosses Gebiet gefallen. Am stärksten betroffen waren die Zentralschweizer Voralpen aber auch im gesamten Flachland der Schweiz und von Süddeutschland wurden über 10 mm registriert. In dieser Phase sind die Niederschläge in zwei parallelen Bändern organisiert. Am 22. August erhöht sich die Niederschlagsintensität in einem rund 400 km langen Band entlang der nördlichen Alpen stark. Die Aktivität hat sich gegenüber dem Vortag nach Osten verschoben. An diesem Tag reichen die hohen Intensitäten, besonders im Vorarlberg und im Tirol, weit in die inneren Bereiche der Alpen. Schliesslich am 23. August werden hohe Mengen nur noch weiter östlich in Zentralösterreich und in Südbayern gemessen.

Möglicherweise entscheidend für die Auswirkungen der Starkniederschläge auf die Hydrologie war die Vorgeschichte des Ereignisses. Die Starkniederschläge folgten auf eine rund zweiwöchige regenreiche Periode. In den am stärksten betroffenen Gebieten des Alpennord-

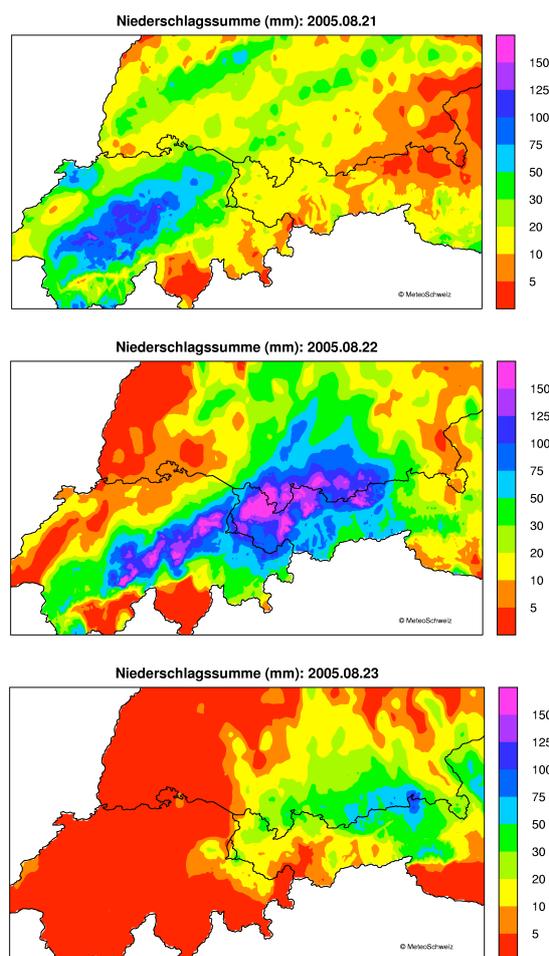


Abb. 3: 24-Stunden Niederschlagssummen am 21., 22. und 23. August (jeweils von 06 UTC bis 06 UTC des Folgetages).

randes von der Zentralschweiz bis in die Arlberg Region sind in der ersten Hälfte des Monats (1.-15. August) 70%–100% eines durchschnittlichen August Niederschlags gefallen (Abb. 4).

Die Länder übergreifende Extremwertanalyse erlaubt einen Vergleich der Starkniederschläge im Bezug auf die klimatologische Häufigkeit. Aufgrund der vergangenen Messreihen lassen sich Wiederkehrperioden für die während dem Ereignis gefallenen maximalen 1, 2, und 3-Tages Summen (immer bezogen auf die Termine 06:00 UTC) schätzen. Resultate dieser Extremwertanalyse sind in Abb. 5 und 6 dargestellt.

Eine Beobachtungsperiode von knapp 30 Jahren (1971-1999, soweit verfügbar) ist eine sehr eingeschränkte Datengrundlage für Extremwertanalysen. Die Schätzungen der Wiederkehrperiode unterliegen deshalb einer grossen Unsicherheit. Die Beispiel Gumbel-Diagramme in Abb. 5 zeigen, dass sich das 95% Konfidenzin-

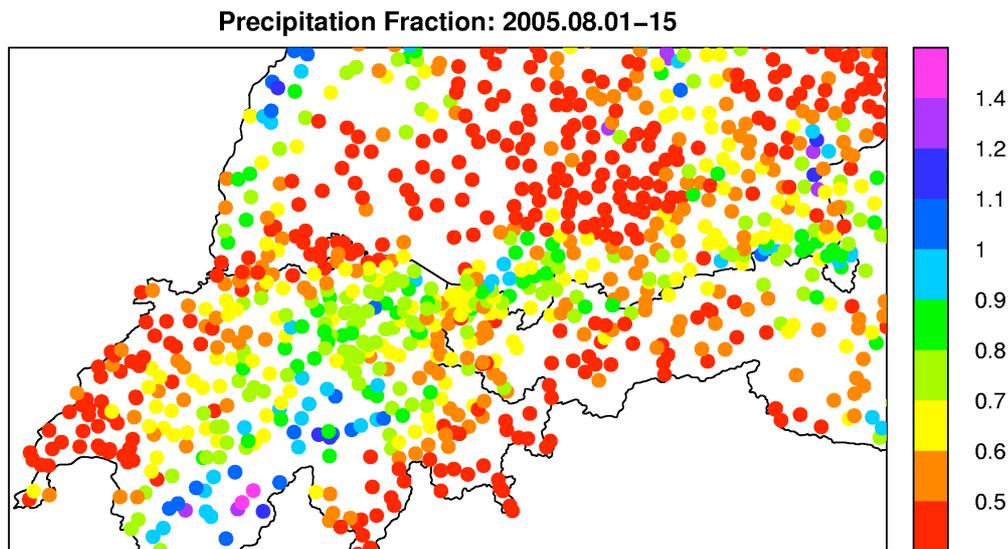


Abb. 4: Niederschlagsvorgeschichte: In der ersten Hälfte des August 2005 gefallene Niederschlagsmenge in Anteilen eines mittleren August Niederschlags (Ref. Periode 1971-1990).

tervall der Wiederkehrperiode zum Teil über einen Faktor 10 erstreckt. Die gesamtalpine Extremwertanalyse gibt zwar einen groben Anhaltspunkt über die Seltenheit des Ereignisses, aber Unterschiede zwischen Einzelstationen sollten nicht überinterpretiert werden.

Karten mit Schätzungen der Wiederkehrperiode für die zur Verfügung stehenden alpinen Niederschlagsreihen sind in Abb. 6 dargestellt. Die

Wiederkehrperiode für die 3-Tages Niederschlagssumme (21.-23. August, Abb. 6a) widerspiegelt in den groben Strukturen die räumlichen Muster der Ereignissumme. Entlang dem gesamten Alpenrand und in Teilen des angrenzenden Flachlandes (insbesondere in Bayern) hat das Ereignis eine Wiederkehrperiode von 10 und mehr Jahren. In zwei Hauptgebieten hat die Ereignissumme Wiederkehrperioden von mehr als 100 Jahren erreicht, nämlich in der Zentral-

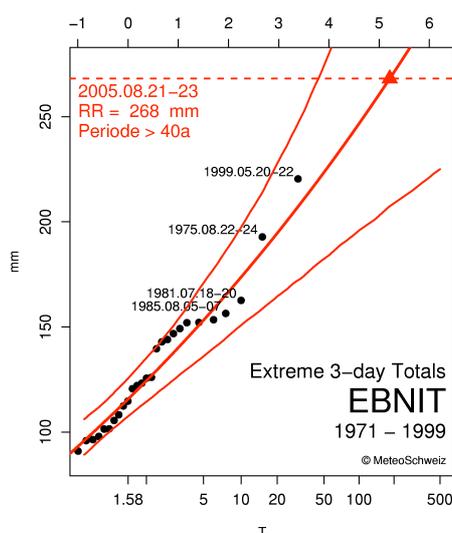
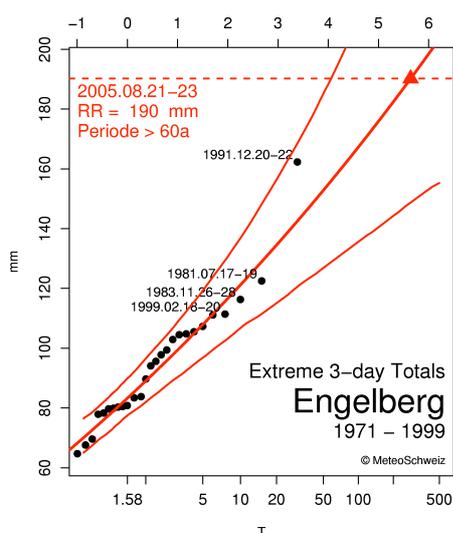


Abb. 5: Beispiel Gumbel-Diagramme (Extremwert als Funktion der Wiederkehrperiode in Jahren) der 3-Tages Niederschlagssumme (mm) für zwei Beispiel Stationen (links: Engelberg, Zentralschweiz; rechts: Ebnit, Vorarlberg, Österreich). Die dicke rote Linie zeigt den „best fit“ der Extremwertverteilung, die dünnen roten Linien das 95% Konfidenzintervall.

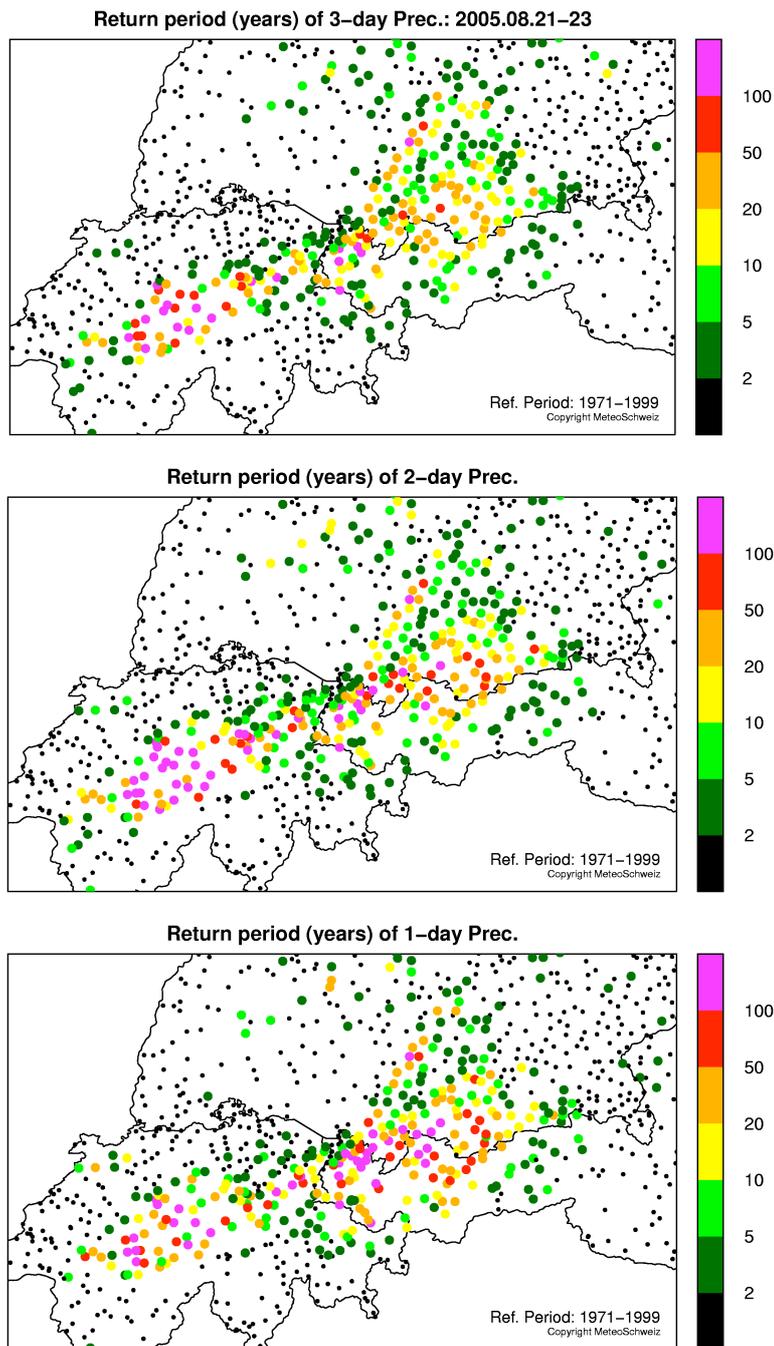


Abb. 6: Wiederkehrperiode der 3-Tages (a), 2-Tages (b) und 1-Tages Niederschlagssumme geschätzt aus einer Extremwertanalyse mit Messungen der Periode 1971-1999. In (a) wurde die 3-Tages Summe fest für die drei Tage vom 21-23 August betrachtet. In (b) und (c) die an jeder Station maximale gemessenen Summe über zwei Tage respektive einen Tag während dem Ereignis (18.-24. August).

schweiz und Berner Oberland (insgesamt 10 Stationen) sowie im Vorarlberg (insgesamt 5 Stationen). Ersteres erstreckt sich über ein deutlich grösseres Gebiet.

Die Wiederkehrperioden für die 2-Tages und die 1-Tages Summe (Abb. 6b, c) zeigen sogar noch

etwas extremere Verhältnisse. In der 2-Tages Summe wurde das 100-jährliche Ereignis an sehr vielen Zentralschweizer Stationen in der 1-Tages Summe an vielen Stationen in der Arlberg Region übertroffen. Ein Vergleich der Betroffenheit dieser beiden Regionen anhand der 1-Tages und 2-Tages Extrema ist aber nicht sinnvoll

da die Jährlichkeiten für diese Dauern auch von der Aufteilung der Niederschläge auf die kalen-
darischen Messtage (06-06 UTC) abhängt.

Die in Abb. 5 dargestellten Beispiel Diagramme zeigen repräsentative Ergebnisse für die extre-
men 3-Tages Summen in den beiden Stations-
gruppen Zentralschweiz und Vorarlberg. Obwohl die in beiden Gebieten gefallenen Nieder-
schlagssummen vergleichbar sind, wurden an
Stationen in der Zentralschweiz leicht höhere
Wiederkehrperioden (um 150-400 Jahre) gefun-
den als im Vorarlberg (100-200 Jahre). Eine
Besonderheit der Starkniederschläge im August
2005 ist also, dass mit der Zentralschweiz und
dem Berner Oberland ein Gebiet besonders
betroffen wurde, welches im Vergleich zu den
östlicheren Nordalpen klimatologisch gesehen
seltener von mehrtägigen Starkniederschlägen
getroffen wird.

Dank:

Wir bedanken uns beim Deutschen Wetterdienst
(im besonderen bei Dr. Ulrich Damrath und Dr.
Bruno Rudolf) und beim Bundesministerium für
Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasser-
wirtschaft (Hydrographisches Zentralbüro, im
besonderen bei Erich Fischer) für die Benützung
von Niederschlagsdaten aus Deutschland und
Österreich. Wir danken auch dem Institut für
Atmosphäre und Klima der ETH Zürich (Prof.
Christoph Schär) für die Nutzung der Alpinen
Niederschlagsdatenbank der ETH, welche es
uns ermöglicht hat eine klimatologische Einord-
nung des Ereignisses zu machen. Diese Analy-
sen wurden im Rahmen der Ereignisanalyse des
Bundesamtes für Umwelt der Schweiz durch-
geführt.

Referenzen:

- Amt der Vorarlberger Landesregierung, 2005: Das
Starkregen- und Hochwasserereignis des Au-
gust 2005 in Vorarlberg. 58 pp.
- Bayerisches Staatsministerium für Umwelt, Gesund-
heit und Verbraucherschutz, 2005: August
Hochwasser 2005 in Südbayern. 27 pp.
- Frei, C. and C. Schär, 1998: A precipitation climato-
logy of the Alps from high-resolution rain-
gauge observations. *Int. J. Climatol.*, **18**, 873-
900.

Frei, C., R. Schöll, J. Schmidli, S. Fukutome and P.L.
Vidale, 2006: Future change of precipitation
extremes in Europe: An intercomparison of
scenarios from regional climate models. *J.
Geophys. Res.*, **111**, D06105,
doi:10.1029/2005JD005965.

MeteoSchweiz 2006: Starkniederschläge in der
Schweiz im August 2005. *Arbeitsberichte der
MeteoSChweiz*, **211**. (Erhältlich unter
<http://www.meteoschweiz.ch>)

Schwarb, M., C. Daly, C. Frei and C. Schär, 2001:
Mean annual precipitation in the European
Alps 1971-1990. Hydrological Atlas of Swit-
zerland, Landeshydrologie und Geologie,
Bern, Plates 2.6, 2.7.

Arbeitsberichte der MeteoSchweiz

- 212 Z'graggen, L: 2006, Die Maximaltemperaturen im Hitzesommer 2003 und Vergleich zu früheren Extremtemperaturen, 74pp, CHF 75.-
- 211 MeteoSchweiz: 2006, Starkniederschlagsereignis August 2005, 63pp., CHF 72.-
- 210 Buss S, Jäger E and Schmutz C: 2005: Evaluation of turbulence forecasts with the aLMo, 58pp, CHF 70.-
- 209 Schmutz C, Schmuki D, Duding O, Rohling S: 2004, Aeronautical Climatological Information Sion LSGS, 77pp, CHF 25.-
- 208 Schmuki D, Schmutz C, Rohling S: 2004, Aeronautical Climatological Information Grenchen LSZG, 73pp, CHF 24.-
- 207 Moesch M, Zelenka A: 2004, Globalstrahlungsmessungen 1981-2000 im ANETZ, 83pp, CHF 26.-
- 206 Schmutz C, Schmuki D, Rohling S: 2004, Aeronautical Climatological Information St.Gallen LSZR, 78pp, CHF 25.-
- 205 Schmutz C, Schmuki D, Ambrosetti P, Gaia M, Rohling S: 2004, Aeronautical Climatological Information Lugano LSZA, 81pp, CHF 26.-
- 204 Schmuki D, Schmutz C, Rohling S: 2004, Aeronautical Climatological Information Bern LSZB, 80pp, CHF 25.-
- 203 Duding O, Schmuki D, Schmutz C, Rohling S: 2004, Aeronautical Climatological Information Geneva LSGG, 104pp, CHF 31.-
- 202 Bader S: 2004, Tropische Wirbelstürme – Hurricanes – Typhoons – Cyclones, 40pp, 16 Fr.
- 201 Schmutz C, Schmuki D, Rohling S: 2004, Aeronautical Climatological Information Zurich LSZH, 110pp, 34 Fr.
- 200 Bader S: 2004, Die extreme Sommerhitze im aussergewöhnlichen Witterungsjahr 2003, 25pp, 14 Fr.
- 199 Frei T, Dössegger R, Galli G, Ruffieux D: 2002, Konzept Messsysteme 2010 von MeteoSchweiz, 100pp, 32 Fr.
- 198 Kaufmann P: 2002, Swiss Model Simulations for Extreme Rainfall Events on the South Side of the Alps, 40pp, 20 Fr.
- 197 WRC Davos (Ed): 2001, IPC - IX, 25.9. - 13.10.2000, Davos, Switzerland, 100pp, 32 Fr.
- 196 Hächler P et al.: 1999, Der Föhnfall vom April 1993, 139pp, 40 Fr.
- 195 Urfer Ch, Vogt R, 1999, Die Niederschlagsverhältnisse in Basel 1964-1998, 43pp, 40 Fr.
- 194 Courvoisier HW: 1998, Statistik der 24-stündigen Starkniederschläge in der Schweiz 1901-1996, 20pp, 11 Fr.
- 193 Defila C, Vonderach G: 1998, Todesfälle und Wetterlagen in Schaffhausen, 72pp, 25 Fr.
- 192 Maurer H: 1997, Frostprognose in der Schweiz: neue Methode mit automatischen Stationen, 38pp, 16 Fr.
- 191 Schönbächler M: 1996, Objektive Kontrolle der Textprognose SMA OPKO, 31pp, 14 Fr.
- 190 Brändli J: 1996, Statistische Auswertungen von täglichen und monatlichen Verdunstungswerten an 22 Standorten der Schweiz, 52pp, 19 Fr.

Veröffentlichungen der MeteoSchweiz

- 73** Scherrer SC: 2006, Interannual climate variability in the European and Alpine region, 132pp, 86 Fr.
- 72** Mathis H: 2005, Impact of Realistic Greenhouse Gas Forcing on Seasonal Forecast Performance, 80pp, 75 Fr.
- 71** Leuenberger D: 2005, High-Resolution Radar Rainfall Assimilation: Exploratory Studies with Latent Heat Nudging, 103pp, 81 Fr.
- 70** Müller G und Viatte P: 2005, The Swiss Contribution to the Global Atmosphere Watch Programme – Achievements of the First Decade and Future Prospects, 112pp, 83 Fr.
- 69** Müller WA: 2004, Analysis and Prediction of the European Winter Climate, 115pp, 34Fr.
- 68** Bader S: 2004, Das Schweizer Klima im Trend: Temperatur- und Niederschlagsentwicklung seit 1864, 48pp, 18 Fr.
- 67** Begert M, Seiz G, Schlegel T, Musa M, Baudraz G und Moesch M: 2003, Homogenisierung von Klimamessreihen der Schweiz und Bestimmung der Normwerte 1961-1990, Schlussbericht des Projektes NORM90, 170pp, 40 Fr.
- 66** Schär Christoph, Binder Peter, Richner Hans (Eds.): 2003, International Conference on Alpine Meteorology and MAP Meeting 2003, Extended Abstracts volumes A and B, 580pp, 100 Fr.
- 65** Stübi R: 2002, SONDEX / OZEX campaigns of dual ozone sondes flights: Report on the data analysis, 78pp, 27 Fr.
- 64** Bolliger M: 2002, On the characteristics of heavy precipitation systems observed by Meteosat-6 during the MAP-SOP, 116pp, 36 Fr.
- 63** Favaro G, Jeannet P, Stübi R: 2002, Re-evaluation and trend analysis of the Payerne ozone sounding, 99pp, 33 Fr.
- 62** Bettems JM: 2001, EUCOS impact study using the limited-area non-hydrostatic NWP model in operational use at MeteoSwiss, 17pp, 12 Fr.
- 61** Richner H, et al.: 1999, Grundlagen aerologischer Messungen speziell mittels der Schweizer Sonde SRS 400, 140pp, 42 Fr.
- 60** Gisler O: 1999, Zu r Methodik einer Beschreibung der Entwicklung des linearen Trends der Lufttemperatur über der Schweiz im Zeitabschnitt von 1864 bis 1990, 125pp, 36 Fr.
- 59** Bettems J-M: 1999, The impact of hypothetical wind profiler networks on numerical weather prediction in the Alpine region, 65pp, 25 Fr.
- 58** Baudenbacher, M: 1997, Homogenisierung langer Klimareihen, dargelegt am Beispiel der Lufttemperatur, 181pp, 50 Fr.
- 57** Bosshard, W: 1996, Homogenisierung klimatologischer Zeitreihen, dargelegt am Beispiel der relativen Sonnenscheindauer, 136pp, 38 Fr.
- 56** Schraff, C: 1996, Data Assimilation and Mesoscale Weather Prediction: A Study with a Forecast Model for the Alpine Region, 138pp, 38 Fr.
- 55** Wolfensberger, H: 1994, Chronik der Totalisatoren, Handbuch zu den Niederschlags-Totalisatoren, 390pp, 78 Fr.