

HYDROGRAPHISCHES  
ZENTRALBÜRO



# MITTEILUNGSBLATT

DES HYDROGRAPHISCHEN DIENSTES  
IN ÖSTERREICH

NR. 82

Wien, 2003



## IMPRESSUM

**Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft  
Abt. VII 3 (Hydrographisches Zentralbüro; Leitung: MR Univ.Prof.Dr.F.Nobilis)  
A-1030 Wien, Marxergasse 2**

Redaktion: Beamtin Dipl.Hydr.Dr. Gabriele Müller

Fachbeirat: MR Dipl.-Ing.R.Godina, MR Dipl.-Ing.G.Fuchs, OR Dipl.-Ing. P. Lorenz, Beamter Dr. V. Weilguni  
Technische Mitarbeit: ADir.Ing.J. Wurth

Redaktionsanschrift: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft  
Abt. VII 3 (Hydrographisches Zentralbüro),A-1030 WIEN, Marxergasse 2

Tel: ++43 1 71100 6942 Fax: ++43 1 71100 6851

E-mail: [Wasserhaushalt@lebensministerium.at](mailto:Wasserhaushalt@lebensministerium.at)

Hergestellt im BMLFUW

Gedruckt auf umweltschonend hergestelltem Papier mit  
Pflanzenöl – Druckfarben.

©BMLFUW, Wien, 2003 - Alle Rechte vorbehalten



# INHALTSÜBERSICHT

## ORIGINALARBEITEN

Seite

Die Hochwasserereignisse im Jahr 2002 in Österreich ( R. Godina, P. Lalk, P. Lorenz, G. Müller, V. Weilguni )	1
Saisonalität hydrologischer Größen in Österreich ( R. Merz und G. Blöschl )	41
Saisonalität von Niederwasserspanden in Österreich ( G. Laaha und G. Blöschl )	59
Regionale Verteilung der Hochwasserwahrscheinlichkeiten in Österreich ( R. Merz und G. Blöschl )	69
Konvektive Starkniederschläge kurzer Dauer ( G. Skoda, V. Weilguni und T. Haiden )	83

## BERICHTE UND MITTEILUNGEN

Wasserrechtsgesetz-Novelle und Inkorporierung des Hydrographiegesetzes ( F. Nobilis und R. Godina )	99
Hydrologischer Atlas Österreichs, 1. Lieferung	115
Österreichische Gesellschaft für Hydrologie	123
Sektionschef Univ.Prof. DI Dr. W. Stalzer 60 Jahre ( F. Nobilis )	126
Personalien der Hydrographischen Dienststellen	127
Verzeichnis der staatlichen Hydrographischen Dienststellen in Österreich mit Internet-Adressen für aktuelle Wasserstandsinformationen	129
Hinweise der Redaktion	130



# Die Hochwasserereignisse im Jahr 2002 in Österreich

Reinhold Godina, Petra Lalk, Peter Lorenz, Gabriele Müller, Viktor Weilguni

## 1 Überblick über das Hochwassergeschehen im Jahr 2002

Das Jahr 2002 war in Österreich ein Jahr gegensätzlicher hydrologischer Extreme: Außergewöhnliche Hochwasser und ausgeprägte Trockenheit mit Ernteausschlag und Problemen in der Wasserversorgung lagen dicht nebeneinander. Die im Süden seit 1999 herrschende Trockenperiode hielt bis in das Frühjahr 2002 an. Im Gegensatz dazu war im August der gesamte Norden Österreichs von katastrophalen Hochwassern mit an vielen Orten sehr hoher Jährlichkeit und zum Teil noch nie beobachteten Maxima betroffen. Dazu wurden ebenfalls im nördlichen Teil Österreichs im März und November bisher in dieser Jahreszeit noch nicht beobachtete Hochwasserabflüsse gemessen.

Die Besonderheit der Hochwasser des Jahres 2002 lag in Ausmaß und Intensität der auslösenden Niederschlagsereignisse, der Höhe der Scheitelabflüsse, der Jahreszeit ihres Auftretens und der Schnelligkeit des Hochwasseranstieges. Besonders bemerkenswert waren die Katastrophenhochwasser vom August. Zwei Hochwasserwellen verursachten in weiten Teilen Österreichs 50- und gebietsweise weit über 100-jährliche Ereignisse. Hervorzuheben ist, dass Österreich beim zweiten Ereignis am südlichen Rand eines ausgedehnten, von Berlin bis zum Salzkammergut reichenden Niederschlagsgebietes lag. Im Einzugsgebiet der Elbe wurden in dieser Zeit z.T. noch größere Niederschlagsintensitäten als in Österreich beobachtet. Dementsprechend groß waren die Überflutungen, die große Gebiete in Tschechien und entlang der gesamten Elbe in Mitleidenschaft zogen.

Ein Blick in die Vergangenheit zeigt, dass Wetterlagen, wie sie zum August-Hochwasser führten, bereits früher außergewöhnliche Hochwasserereignisse verursacht haben, diesmal aber auch Gebiete erfassten, die in den vergangenen 150 Jahren nicht mehr in diesem Ausmaß betroffen waren (Kamp-Einzugsgebiet im Norden Österreichs). Generell wurden die markanten Hochwasser im Jahr 2002 - Anfang Juni in Niederösterreich, im August im Norden und im November im Süden Österreichs - durch eine Vb-ähnliche Wetterlage initiiert. Ausgehend von einem Tiefdruckgebiet, das sich über Europa von Nordwesten bis weit in den Süden ausbildet, entstehen dabei sekundäre Tiefdruckgebiete über Norditalien. Diese sogenannten Genua-Tiefs führen, je nach Lage, Mächtigkeit und Zugrichtung, zum Aufeinandertreffen von feuchter warmer Luft aus dem Mittelmeerraum mit kalter Luft aus dem Norden über Österreich. Die Zugrichtung dieser sekundären Tiefdruckgebiete und der Stauereffekt der Ostalpen ist entscheidend dafür, ob der Norden oder der Süden Österreichs von Niederschlägen betroffen wird. Vergleicht man die Situation im Jahr 2002 mit den

Katastrophenjahren 1965 und 1966, so wird deutlich, dass 2002 im Süden, mit Ausnahme der Hochwasser an der Gail im November, keine extremen Niederschläge beobachtet wurden.

Ob die hydrologischen Extreme des Jahres 2002 in Österreich und die Häufung größerer Hochwasser in den 1990er Jahren bereits Anzeichen für Veränderungen im Klima sind, müssen weitere Analysen zeigen.

Im Folgenden wird ein allgemeiner hydrologischer Überblick über die Ursachen und den Verlauf der Hochwasserereignisse des Jahres 2002 mit näherer Charakterisierung der einzelnen Ereignisse und des gesamten Jahres gegeben. Zur Veranschaulichung der Zusammenhänge wird dabei auf die meteorologische Situation, die räumliche und zeitliche Verteilung der Niederschläge, den Ereignisablauf an den Gewässern und die Auftrittswahrscheinlichkeit der Hochwasserabflüsse eingegangen. Die unmittelbar aufeinander folgenden Ereignisse im August wurden in der Beschreibung in zwei Kapitel getrennt, wohl wissend um den Zusammenhang zwischen dem ersten und dem zweiten Ereignis in Bezug auf das Abflussgeschehen. Der Bericht ist in folgende Kapitel gegliedert:

- 1 Überblick über das Hochwassergeschehen im Jahr 2002
- 2 Das Hochwasserereignis vom 20.-21. März 2002
- 3 Das Hochwasserereignis vom 6.-7. Juni 2002 in Niederösterreich
- 4 Unwetter im Juli 2002
- 5 Die Hochwasserereignisse im August 2002
- 6 Die Hochwasserereignisse im November 2002
- 7 Das Hochwasserereignis vom 6.-7. Dezember 2002 in der Weststeiermark
- 8 Schlussfolgerung

Sämtliche zur Analyse verwendeten Niederschlags- und Abflussdaten stammen vom Messnetz des Hydrographischen Dienstes für Österreich. An dieser Stelle wird den Hydrographischen Landesdiensten gedankt, ohne deren Beobachtungstätigkeit und deren Datenrekonstruktion an zerstörten Messstellen ein derartiger Bericht nicht möglich wäre. Auch soll die Bedeutung des hydrographischen Messnetzes und die bestehende Organisationsform, die durch das Hydrographiegesetz definiert ist, hervorgehoben werden.

Es wird darauf hingewiesen, dass die dargestellten Abflussganglinien, die Abflussspitzen und Jährlichkeiten den derzeitigen Wissensstand präsentieren. Im Verlauf weiterer Bearbeitungen sind Änderungen, vor allem im Zuge der Qualitätsprüfung für das Hydrographische Jahrbuch 2002 möglich.

## 2 Das Hochwasserereignis vom 20.-21. März 2002

### 2.1 Witterungssituation im März 2002

Vom Monatsbeginn bis zum 19. März war die Witterung durch geringe bis mäßige Niederschläge und insgesamt sehr milde, z.T. überdurchschnittliche Temperaturen gekennzeichnet. Vom 19.-21. März brachte eine West- bis Nordwestströmung in rascher Folge Atlantikfronten nach Mitteleuropa (siehe Abbildung 1).

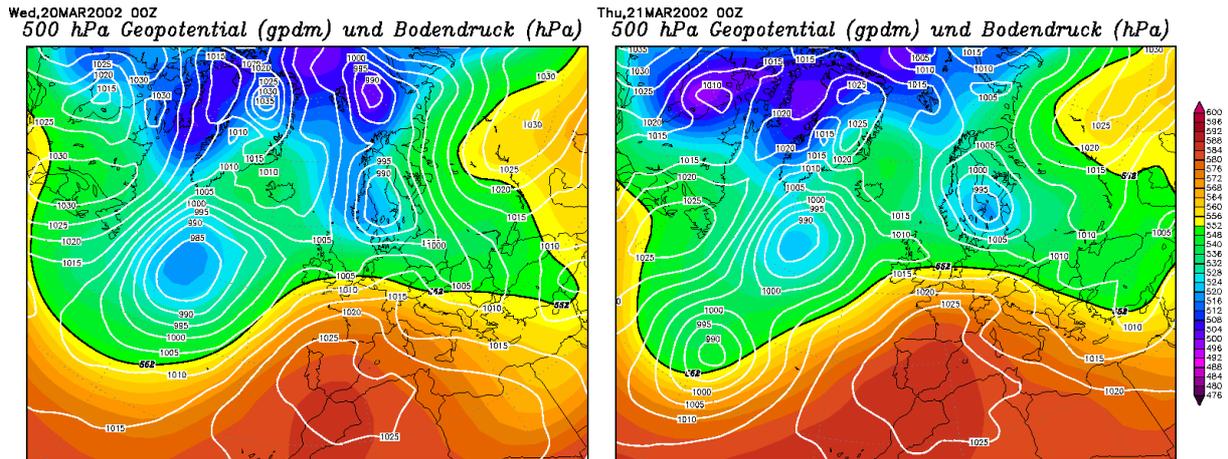


Abbildung 1: Bodendruck und 500 hPa Geopotentiallinie am 20. und 21. März 2002 (Quelle: <http://www.wetter-zentrale.de>)

Bis zum Morgen des 20. März regnete es besonders von Vorarlberg bis Oberösterreich z.T. intensiv und ergiebig. Danach verlagerte sich das Zentrum des Starkregens ostwärts. Der Niederschlag hielt aber in allen betroffenen Gebieten an (siehe Abbildung 2).

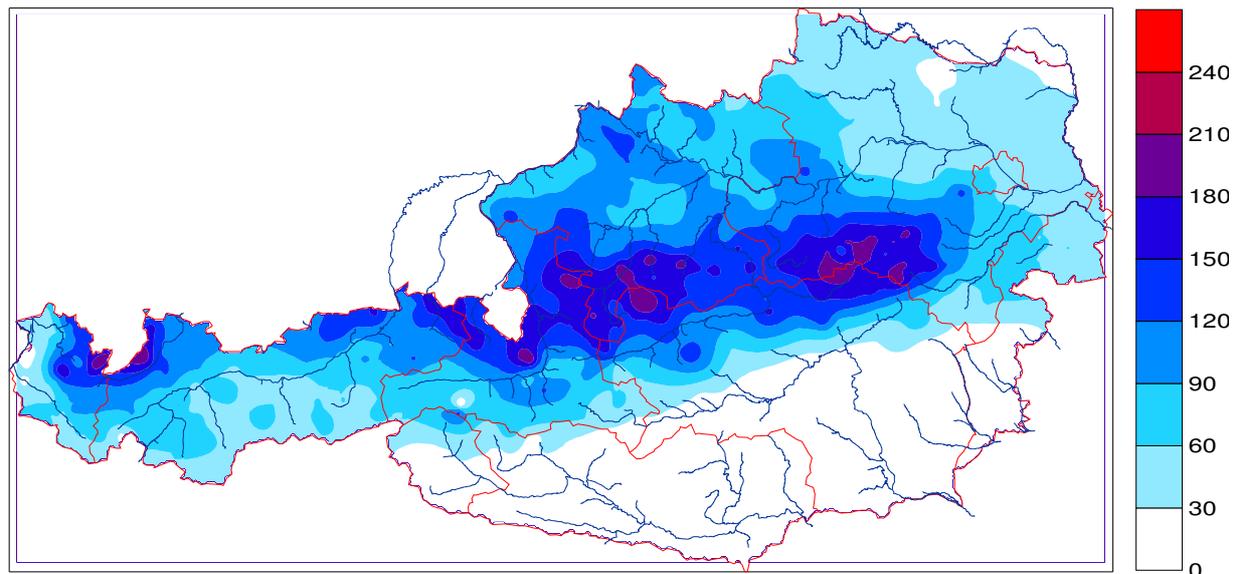


Abbildung 2: Dreitagesniederschlagssumme in mm vom 19. bis 21. März 2002

Die Schneefallgrenze lag meist deutlich über 1000 m. Trocken blieben lediglich der äußerste Süden und Südosten, es herrschten dort Temperaturen von über 20 °C.

Am 22. März fielen vor allem in den Nordstaulagen der Alpen von Tirol bis Oberösterreich weitere Starkniederschläge, im Süden blieb der Regen unergiebig. Die einströmenden Luftmassen wurden kälter, Temperaturmaxima und Schneefallgrenze sanken. Ab dem 23. März kühlte es im Zuge einer kräftigen Nordströmung weiter ab. Von Westösterreich bis in die niederösterreichischen Kalkalpen schneite es ergiebig. Zum Monatsende hin gelangte Österreich unter Hochdruckeinfluss, das Wetter blieb sonnig und trocken.

## 2.2 Das Hochwasserereignis vom 19. März bis zum 21. März 2002

Die Atlantikfronten, die Österreich in der Zeit vom 19. bis 22. März 2002 überquerten, brachten zum Teil ergiebige Niederschläge mit sich. An mehreren Orten wurden Niederschlags-Tagessummen von im März nie zuvor gemessener Größe registriert. Tabelle 1 gibt einige Beispiele.

Tabelle 1 : Vergleich ausgewählter Extremniederschläge im März

Messstelle	Land	Hn (2002)	am	Hn (zuvor)	am	Jährlichkeit (2002)
Warth	V	104 mm	19.3.2002	81 mm	15.3.1992	> HN <sub>30</sub>
St. Wolfgang	OÖ	97 mm	20.3.2002	56 mm	12.3.1979	> HN <sub>10</sub>
Puchberg	NÖ	99 mm	20.3.2002	90 mm	17.3.1985	> HN <sub>30</sub>

Gerade die Konzentration der Starkniederschläge auf wenige Tage, verbunden mit hohen Temperaturen bis in höhere Lagen, führte an zahlreichen Gewässern zu einem raschen Anstieg der Wasserführung. An vielen Fließgewässern, wie auch an der Donau und ihren Zubringern, kam es zu Hochwassersituationen mit Überflutungen und Vermurungen. Gleichermäßen betroffen vom Niederschlagsgeschehen war auch der Süden Deutschlands, besonders die Nordstaulagen der deutschen Alpen und damit das Einzugsgebiet der oberen Donau, sowie Zubringer des Inns und der Salzach.

Die Abflussreaktion der oberirdischen Gewässer auf diese Niederschläge ist beispielhaft in Abbildung 3 dargestellt. Die Zugrichtung der Niederschlagsfronten hat im Ereigniszeitraum von West und Nordwest auf Nord gedreht. Das hatte zur Folge, dass im äußersten Westen (Bregenzer Ache und Dornbirner Ache) die Abflussmaxima am Morgen des 20. März beobachtet wurden und die nachfolgenden Niederschläge dort bedeutend schwächer ausfielen. Das Auftreten von mehreren Hochwasserscheiteln ist für das Ereignis an den Unterläufen der Hauptzubringer zur Donau charakteristisch. An Inn, Salzach, Traun, Enns, aber auch an Salza und Mürz erreichten die Abflüsse erst in den Folgetagen ihr Maximum, so z.B. an der Enns in den Morgenstunden des 21. März.

Betrachtet man den Hochwasseranstieg der Bregenzer Ache am Pegel Kennelbach – von 10 m<sup>3</sup>/s auf ca. 660 m<sup>3</sup>/s in 24 Stunden – so wird deutlich, wie schnell Gewässer in dieser Jahreszeit auf Niederschläge reagieren können. Als Ursache dieses raschen Anstiegs kann die Kombination von Schneeschmelze infolge der für die Jahreszeit hohen Temperaturen,

intensivem Regen und geringem Rückhaltevermögen der Landoberfläche, verschärft auch durch die noch nicht vorhandene Vegetation, angesehen werden.

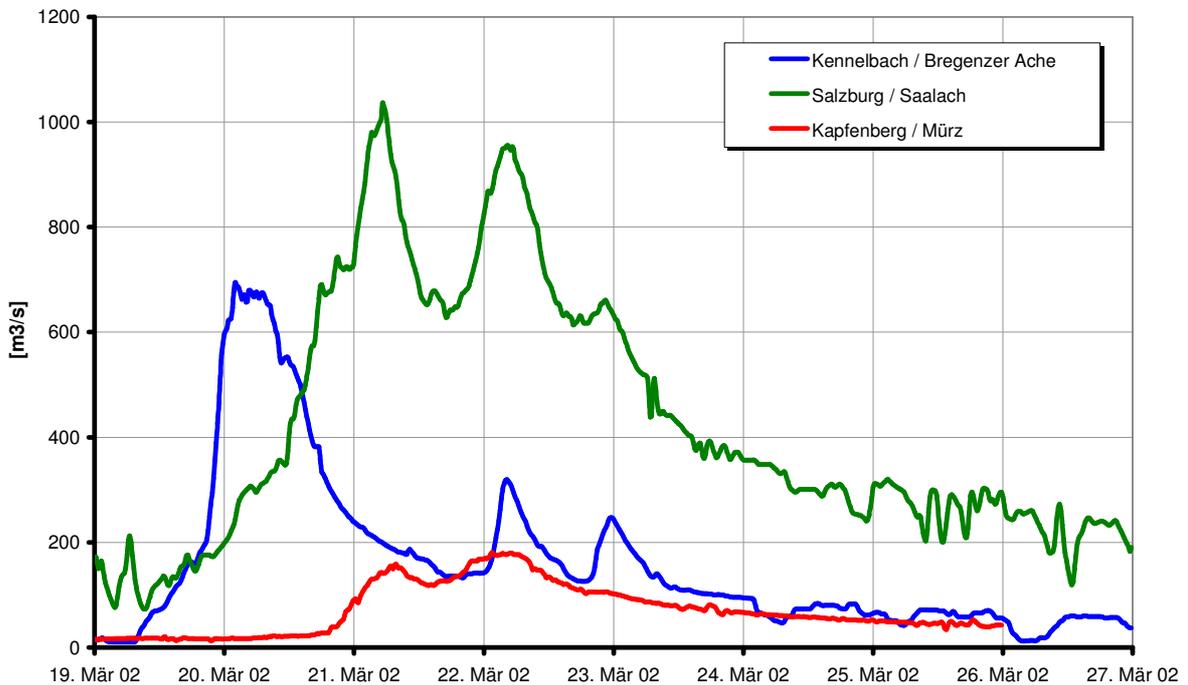


Abbildung 3: Ganglinien des Abflusses an ausgewählten Gewässern in Österreich

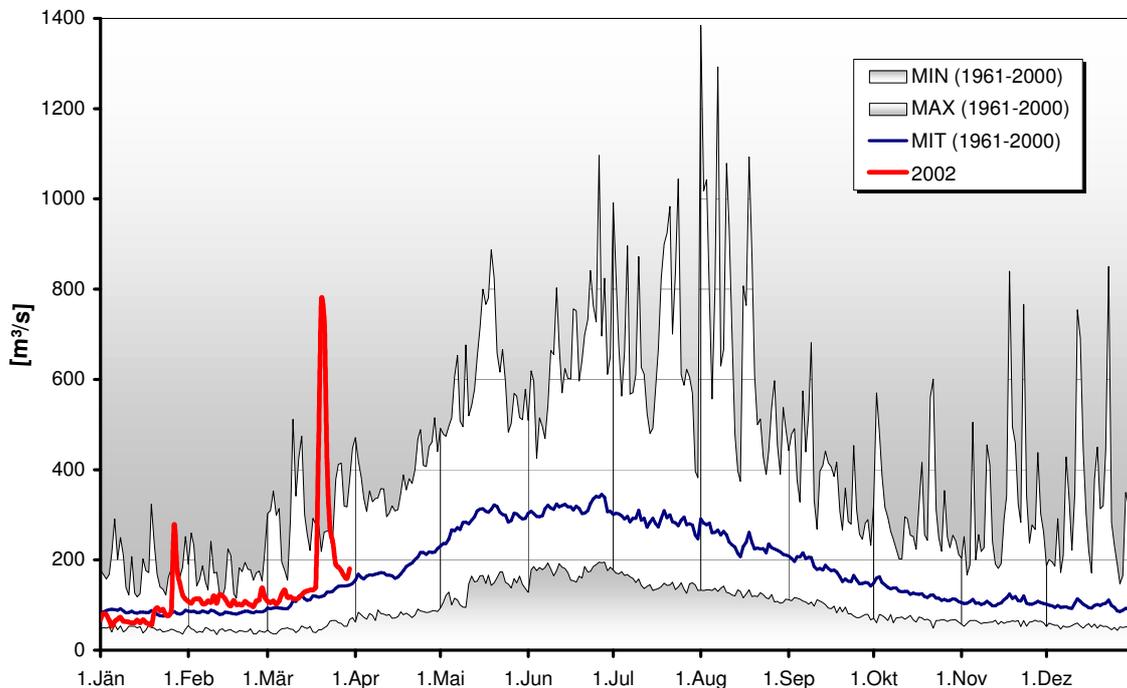


Abbildung 4: Tagesmittel des Abflusses im ersten Quartal 2002 am Pegel Salzburg/Salzach im Vergleich mit den Beobachtungen ab 1961

Vergleicht man dieses Abflussereignis mit bisher beobachteten Hochwassern im März, so zeigt sich ein weiteres außergewöhnliches Merkmal (vgl. Abbildung 4). Der

Hochwasserscheitel am Pegel Salzburg/Salzach von 1060 m<sup>3</sup>/s am 21.03.2002 ist ein Durchfluss, welcher im Durchschnitt alle 2 Jahre hauptsächlich im Sommer auftritt. Betrachtet man jedoch nur die März-Hochwasser, so ist dieser Scheitelwert ein sehr seltener Wert, der an diesem Pegel seit Beobachtungsbeginn noch nie gemessen wurde.

### 2.3 Der Ereignisverlauf an der Donau

Aufgrund der zum Donaustrom parallelen Niederschlagszugrichtung weist die Hochwasserwelle der Donau im Gegensatz zu ihren Hauptzubringern keinen Scheitel mit mehreren Gipfeln auf (siehe Abbildung 5). An der Donau bildete sich infolge der Fließzeiten der Zubringer in Österreich und im benachbarten Bayern eine rasch ansteigende Hochwasserwelle mit einem flachen Hochwasserscheitel aus. Die Hochwasserwellen des Inn und der Donau überlagerten sich nur teilweise, wobei der Abflussbeitrag der bayerischen Donau vergleichsweise hoch war.

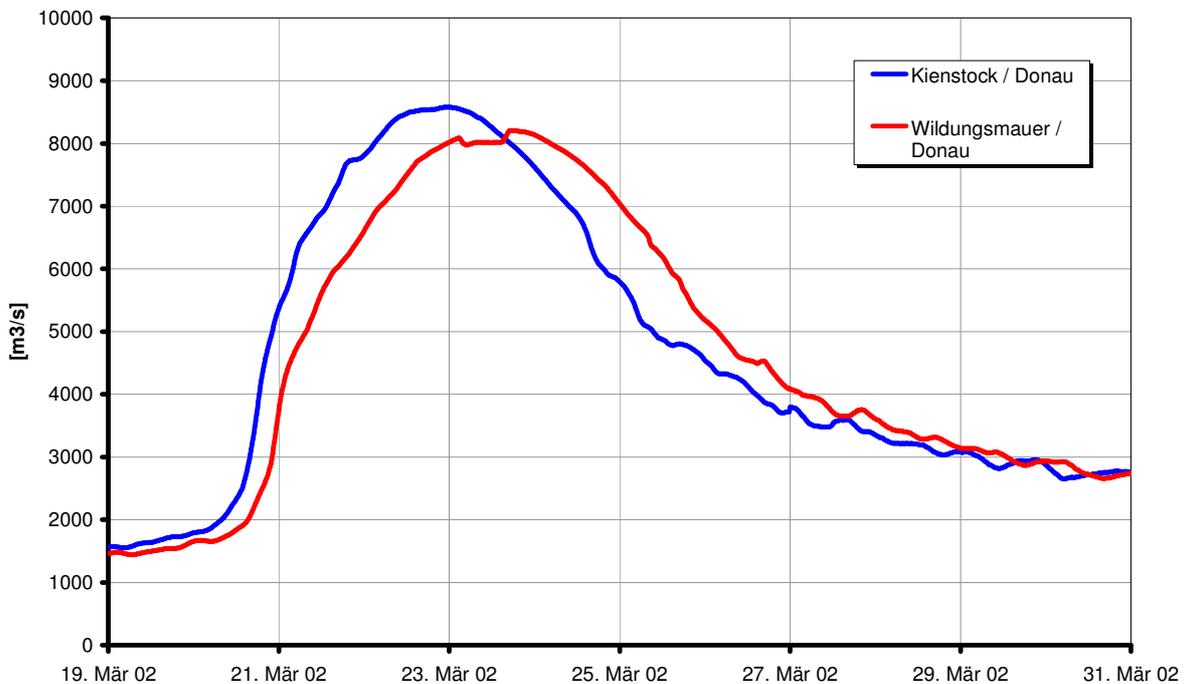


Abbildung 5: Abflussganglinie an der Donau vom 19. März bis zum 30. März 2002

## 2.4 Die Größe des Ereignisses

Als Kenngröße zur Bewertung eines Ereignisses wird in der Hydrologie meist die statistische Auftretswahrscheinlichkeit eines Parameters verwendet. Abbildung 6 zeigt eine Übersicht über die Auftretswahrscheinlichkeiten (Jährlichkeiten) der bei diesem Hochwasser beobachteten Scheitelabflüsse. Berücksichtigt wurden für die Darstellung nur Messstellen, an denen Hochwasserscheitel mit einer Jährlichkeit größer 1 Jahr im Verlauf des Ereignisses gemessen wurden. In den Einzugsgebieten der Bregenzer Ache, der Dornbirner Ache, des Lechs, der Traun und der Enns sowie im Salza- und Mürzgebiet ist das März-Hochwasser 2002 als ein Ereignis einzustufen, das im Mittel alle 5 bis 10 Jahre auftritt. Im Gebiet der Salzach und Saalach handelte es sich um ein 1- bis 4-jährliches Ereignis. Für die Abflussscheitel an der Donau unterhalb von Linz kann eine Auftretswahrscheinlichkeit von einmal in 11 bis 15 Jahren angegeben werden.

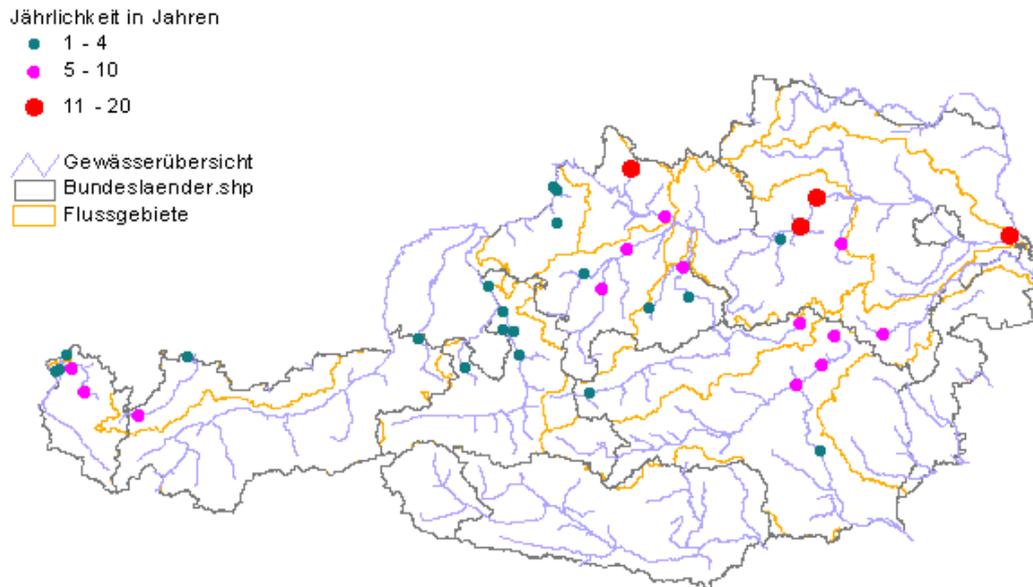


Abbildung 6: Pegel mit einer beobachteten Auftretswahrscheinlichkeit  $> HQ_1$

### 3 Das Hochwasserereignis vom 6.-7. Juni 2002 in Niederösterreich

Ein Höhentief mit Zentrum über Österreich (siehe Abbildung 7) bestimmte am Donnerstag, dem 6. Juni 2002 im Ostalpenraum das Wetter. Es führte sehr feuchte Luft vom Mittelmeer in den Alpenraum.

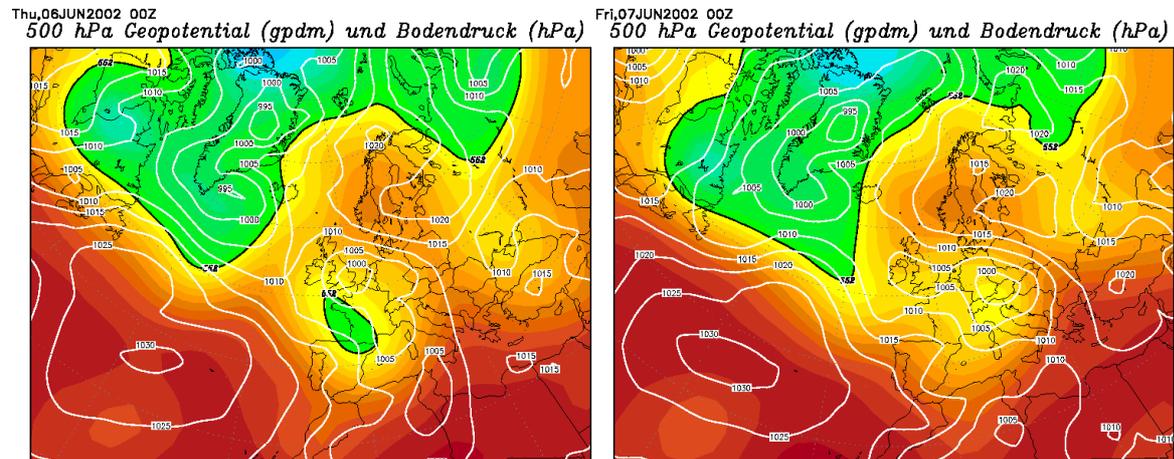


Abbildung 7: Bodendruck und 500 hPa Geopotentiallinie am 6. und 7. Juni 2002 (Quelle: <http://www.wetter-zentrale.de>)

Am Nachmittag des 6. Juni 2002 setzten in Niederösterreich im Bereich des südlichen Industrieviertels ergiebige Niederschläge ein. Diese waren auch von heftigen Gewittern begleitet. Die Niederschlagstätigkeit verlagerte sich anschließend nordwärts bis in den Raum Retz – Leiser Berge. In den Nachtstunden erfasste eine zweite gewittrige Niederschlagsfront mit Niederschlagsintensitäten von teilweise mehr als 50 mm/h nahezu das gleiche Gebiet und löste Überflutungen und Hochwasser aus.

Die während des gesamten Ereignisses gefallenen Niederschlagsmengen sind in Abbildung 8 bzw. Tabelle 2 ersichtlich. Ein Blick auf die Tabelle macht deutlich, dass, bedingt durch den Starkregencharakter der Niederschläge, das aktuelle Ereignis sowohl zeitlich als auch räumlich stark begrenzt war. Westlich und östlich des betroffenen Gebietes waren wesentlich geringere Niederschlagsmengen zu verzeichnen. Im Zentrum des Unwetters fielen mit über 200 mm in 10 Stunden Niederschläge, wie sie statistisch in einem Zeitraum von weit mehr als 100 Jahren nur einmal zu erwarten sind. Zusätzlich ist anzumerken, dass ein großer Teil der Gesamtniederschlagsmenge in nur wenigen Stunden gefallen ist.

An vielen Pegeln des Hydrographischen Dienstes betrug die Jährlichkeit der beobachteten Durchflüsse  $HQ_{30-50}$ , in einzelnen Fällen bis  $HQ_{100}$ , wobei in den kleinen Seitentälern diese sogenannte Wiederkehrzeit des Hochwassers häufig größer war.

Tabelle 2: Niederschlagssumme vom 6. Juni 7 Uhr bis 7. Juni 2002 7 Uhr

<b>Flussgebiet Schwarza</b>	<b>Niederschlag- Tagessumme</b>	<b>Bemerkung</b>
Stixenstein	170 mm	ab 18 Uhr – 7 Uhr (22 Uhr – 2 Uhr sehr intensiv)
St. Corona/Wechsel	95 mm	
Neunkirchen	81 mm	ab 19 – 7 Uhr (21 – 4 Uhr intensiv)
Gloggnitz	105 mm	ab 19 Uhr – 7 Uhr (Abend bis 24:00 intensiv)
Rohr/Gebirge	40 mm	
Saubersdorf	53 mm	
Kirchberg/Wechsel	92 mm	
<b>Flussgebiet Fischa</b>		
Haschendorf	17 mm	
<b>Flussgebiet Piesting</b>		
Miesenbach	187 mm	ab 18 Uhr – 7 Uhr (23 Uhr – 24 Uhr sehr intensiv)
Feichtenbach	203 mm	ab 18 Uhr – 7 Uhr (23 Uhr – 24 Uhr sehr intensiv)
<b>Flussgebiet Triesting</b>		
Kaumberg	121 mm	19 Uhr – 7 Uhr (ab 19 Uhr 30 bis 2 Uhr intensiv)
Pottenstein	113 mm	
Leobersdorf	39 mm	
<b>Flussgebiet Schwechat</b>		
Alland	131 mm	ab 18 Uhr bis 7 Uhr (22 Uhr – 2 Uhr intensiv)
Oeynhaus	29 mm	
Guntramsdorf	17 mm	
<b>Flussgebiet Traisen</b>		
Ebenwald	36 mm	

Das Gebiet war in den vergangenen Jahren bereits mehrmals von Unwettern betroffen. Das letzte große Hochwasser ereignete sich 1997. Trotz durchaus vergleichbarer Hochwasser-scheitelabflüsse unterscheidet sich das aktuelle Hochwasser vom Ereignis 1997 vor allem durch den raschen Anstieg und Rückgang der Hochwasserwelle, wie in Abbildung 9 ersichtlich. Dieses rasante Anschwellen des Hochwassers bewirkte eine ausgesprochen hohe Zerstörungskraft, welche die großen Schäden erklärt.

Speziell betroffen waren die Region des Klosterbaches und Coronabaches, des Furtherbaches, des Miesenbaches und weiterer Zubringer zur Piesting, wo teilweise 100-jährliche Hochwasser erreicht oder gar überschritten wurden.

Im Schwechattal war besonders die obere Schwechat vom Hochwasser in Mitleidenschaft gezogen, am Pegel Klausenleopoldsdorf wurde etwa ein 20- bis 30-jährliches Ereignis registriert. Im Triestingtal wurde ab der Mündung des Klosterbaches das Hochwasser von 1997 übertroffen. Am Pegel Hirtenberg hat sich die Hochwasserwelle bereits etwas abgeflacht und entsprach etwa dem Ereignis von 1997. Die Jährlichkeit des Ereignisses vom Juni 2002 an der Triesting ist im Bereich von Fahrafeld mit ca. 50 Jahren zu bewerten, im Bereich Hirtenberg ergibt sich eine Wiederkehrzeit von ca. 30 Jahren.

Im Piestingtal wurde unterhalb der Mündung des Miesenbaches bis hin zum Talausgang in Wöllersdorf das Hochwasser von 1997 ebenfalls überschritten. Wegen des relativ geringen Wellenvolumens kam es unterhalb von Wöllersdorf zu starken Retentionserscheinungen, sodass etwa in Ebreichsdorf die ankommende Welle bereits deutlich geringer ausfiel als jene von 1997. Die Jährlichkeit verkleinerte sich von ca. 50 in Wöllersdorf auf ca. 10 Jahre in Ebreichsdorf.

Niederschlagssumme - 6. und 7. Juni 2002

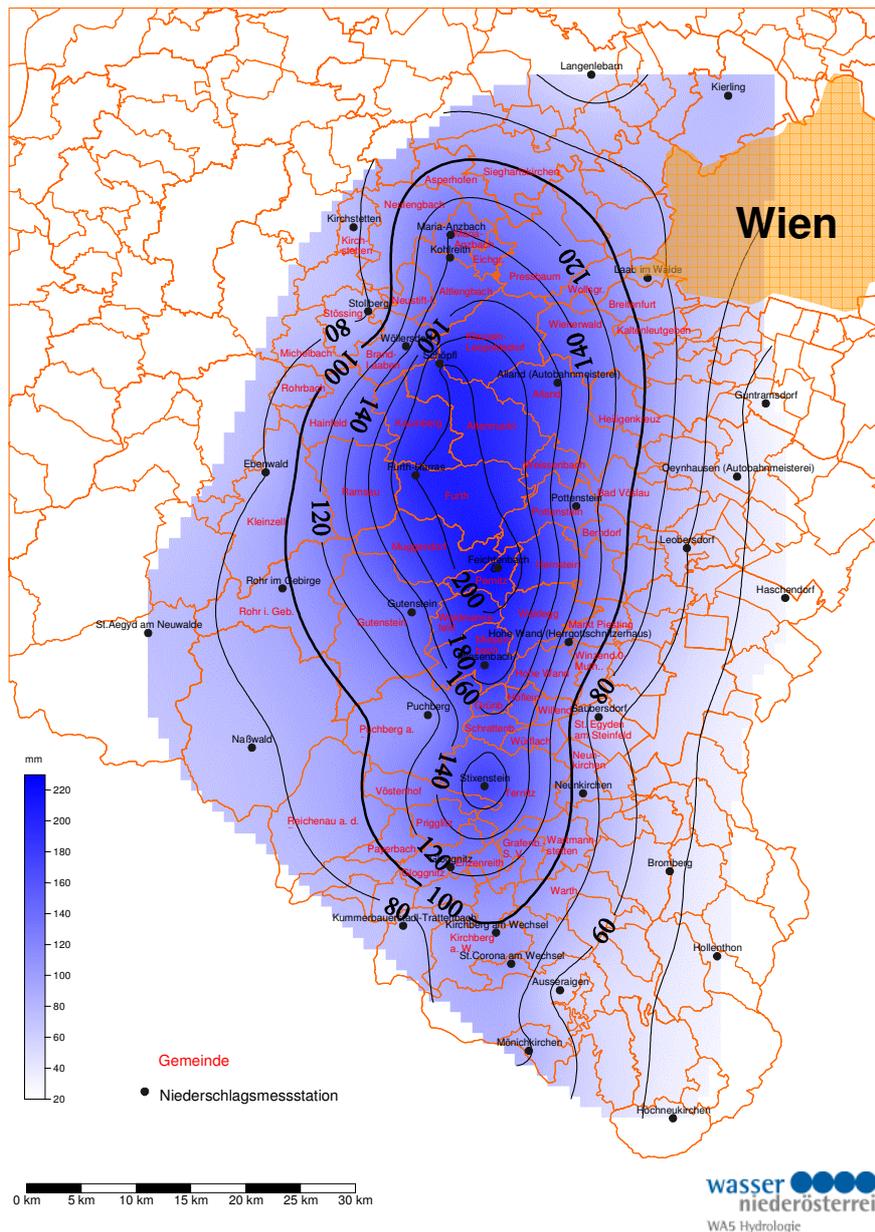


Abbildung 8: Verteilung des Ereignisniederschlages

Die Piesting ab dem Miesenbach, der untere Miesenbach, der Feichtenbach und weitere Nebengerinne dürften im Juni 1997 das seit Menschengedenken größte Hochwasser gezeigt haben. Lediglich für die Triesting und den Further Bach wird berichtet, dass 1944 ein ähnliches Hochwasser abgelaufen ist. Ein direkter Vergleich ist allerdings wegen der unterschiedlichen Abflusskapazität damals und heute recht schwierig.

Die letzten großen Hochwasser (Juli 1997, März 2002) und das aktuelle regional begrenzte Ereignis kamen im Gegensatz zu den meisten früheren Hochwassern nicht nach langen Regenperioden, sondern nach ausgedehnten Trockenzeiten. Vor allem das aktuelle Hochwasser wurden nicht durch langandauernde Niederschläge (Landregen), sondern durch regionale Schauer- und Gewitterereignisse mit extremen Niederschlagsintensitäten ausgelöst.

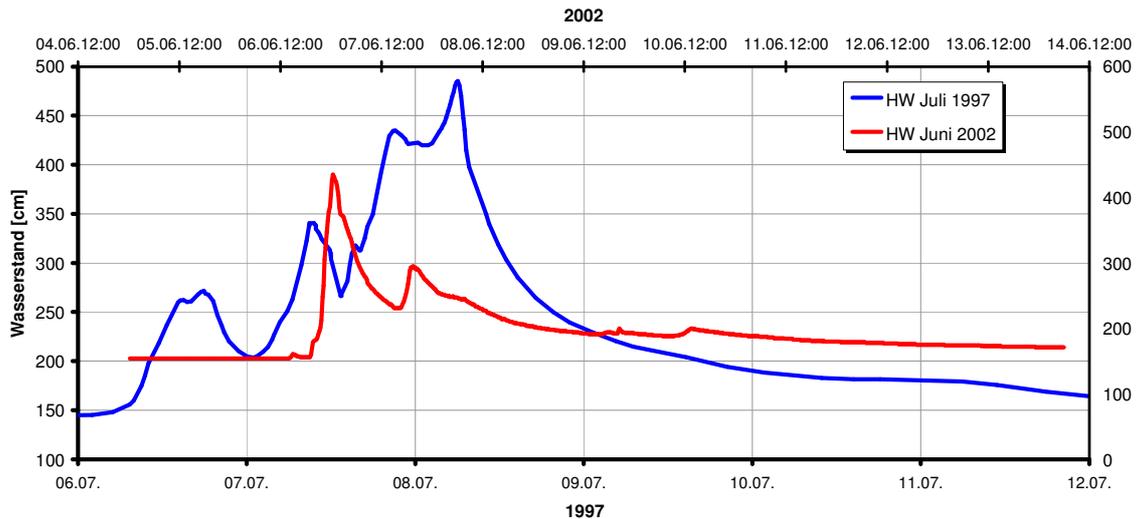


Abbildung 9: Vergleich der Hochwasserganglinien vom Juli 1997 und Juni 2002 am Pegel Fahrafeld

Die Abbildung 10 zeigt Hochwasserganglinien an den betroffenen Messstellen. Wie bereits erwähnt, sind die hohen Anstiegsgradienten der Hochwasserwelle beachtlich.

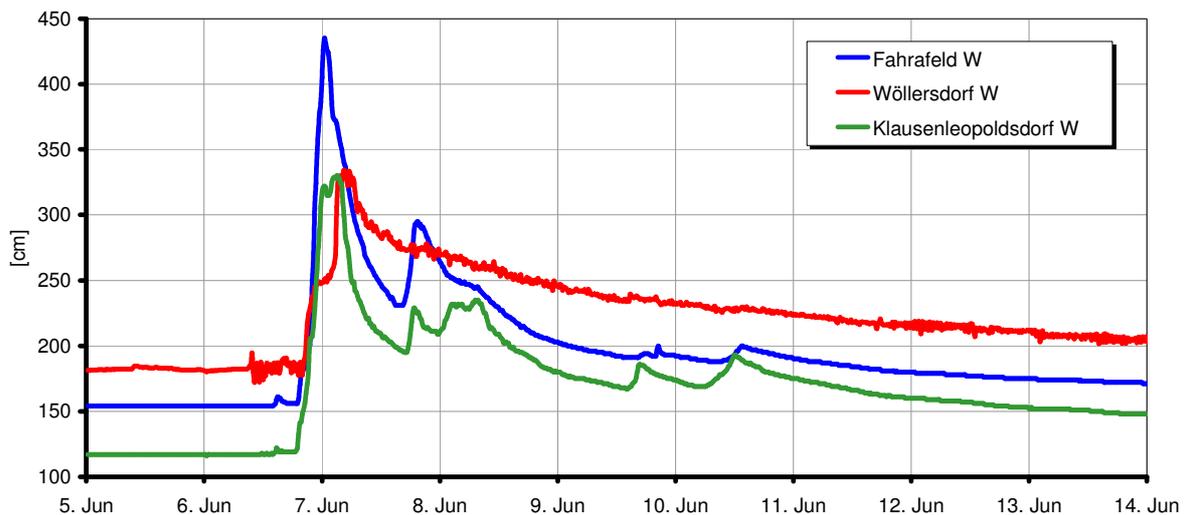


Abbildung 10: Wasserstandsganglinien der betroffenen Messstellen

## 4 Unwetter im Juli 2002

Nachdem bereits im Juni in vielen Teilen Österreichs wiederholt Unwetter niedergingen, setzte sich dieses Geschehen auch im Juli fort. Immer wieder über Österreich hinweg ziehende Störungen und Fronten brachten nahezu täglich einem Teil des Bundesgebietes Schauer und Gewitter mit ergiebigen Niederschlägen und lokale Unwetter mit schwerem Hagelschlag, Überflutungen und Vermurungen. Einige Beispiele seien genannt: Am 2. Juli war der Großraum Krems durch ein katastrophales Hagelunwetter betroffen. Am 4. Juli fielen im Westen und Süden ergiebige Niederschläge, z.T. mit Hagel (Reutte in Tirol), am 9. Juli gab es erneut im Tiroler Außerfern und am 10. im westlichen Oberösterreich schwere Unwetter. Am 12. Juli gingen über dem Salzburger Pinzgau Gewitter mit ergiebigen Niederschlägen nieder, im Raum Saalbach kam es zu Murenabgängen. Am 13. Juli war der Bezirk Perg in Oberösterreich stark betroffen, aber auch Gemeinden im Burgenland.

Aus der Reihe der Unwetter ragen die Ereignisse vom 16.-17. Juli 2002 heraus. Sie verursachten in vielen Regionen Österreichs an kleineren, zumeist unbeobachteten Gewässern Überschwemmungen und Murenabgänge. Unwetterschwerpunkte waren der Raum Judenburg und Knittelfeld (Steiermark), der Raum Feldkirchen und St. Veit (Kärnten), die Bezirke Krems und Horn (Niederösterreich), das Innviertel, der Raum Grünau und Steyr sowie das Donautal unterhalb von Passau (Oberösterreich), der Flachgau (Salzburg), der Raum Wörgl und Kitzbühel (Tirol) sowie Lustenau (Vorarlberg). Nachfolgend wird auf einige dieser Ereignisse näher eingegangen.

Eine relativ kleinräumige Starkniederschlagszelle im Bereich der Seckauer Alpen führte am 16. Juli sowohl im oberen Liesingtal als auch im Bezirk Knittelfeld zu bedeutenden Überflutungen. Vor allem waren die Gemeinden Kobenz und Seckau betroffen. In 8 Stunden wurden an der Station Finsterliesing 66,6 mm und an der Station Hochreichart 84,4 mm Niederschlag beobachtet. Das entspricht Jährlichkeiten von etwa 2 bzw. 3 Jahren. An beiden Stationen sind jedoch 10-Minuten-Werte mit einer Wiederkehrzeit von 30 bzw. 50 Jahren registriert worden. Auf Grund des Schadensausmaßes, z.B. am Hagenbach/Gemeinde Kobenz, kann angenommen werden, dass die tatsächlich im Gebiet aufgetretenen maximalen Regenintensitäten noch wesentlich höher lagen, infolge der Kleinräumigkeit der Starkregenzelle aber an den beiden Stationen des Hydrographischen Dienstes nicht erfasst werden konnten. Im Bereich der oberen Liesing ist das Abflussereignis als ein  $HQ_{1-2}$ , in Kammern als ein  $HQ_{5-10}$  einzuordnen, an den kleinen Gewässern Zinkenbach und Schwaigerbach als  $HQ_{30}$  und am Kobenzbach als  $HQ_{50}$ .

Der Abfluss der Mur erreichte im Gegensatz zu den genannten Zubringern bei Zeltweg etwa ein  $HQ_1$ . In Mureck war die Hochwasserspitze bereits soweit abgeflacht, dass sie in einem Bereich zwischen Mittelwasser und erhöhter Wasserführung lag. In der Weststeiermark

wurde in Voitsberg an der Kainach sowie in Stainz am Stainzbach jeweils ein  $HQ_1$  leicht überschritten.

In Niederösterreich fielen jeweils in wenigen Stunden in Gars und St. Leonhard 70 mm Niederschlag, in Altenburg 60 mm. Innerhalb einer Stunde regnete es in Harmannsdorf 21,5 mm und kurze Zeit darauf 28 mm in 30 Minuten. An Kamp, Thaya, Pitten, Schwarza und Leitha wurden an den Messstellen des Hydrographischen Dienstes jeweils Abflüsse beobachtet, die deutlich unterhalb einer Jährlichkeit von 1 liegen.

Die Niederschlagsstation Thalgauberg im Salzburger Flachgau verzeichnete mit einer Tagessumme von 139,5 mm den seit Beobachtungsbeginn 1970 höchsten Wert. Verursacht durch die starken Niederschläge brach am 17. Juli gegen 4 Uhr früh eine 75 Jahre alte Mauer eines oberhalb am Fischbach gelegenen Retentionsbeckens. Dadurch verschärfte sich die Überflutungssituation für den Ort Thalgau, und bei St. Lorenz trat die Fuschler Ache über die Ufer, was aus rein hydrologischen Ursachen sehr ungewöhnlich gewesen wäre.

In Tirol überschritten die Brixentaler und die Kitzbüheler Ache die Hochwassermeldemarken deutlich. Die dortigen Abflussereignisse sind mit Jährlichkeiten von etwa 10 bis 20 Jahren zu bewerten. Das benachbarte Einzugsgebiet der Fieberbrunner Ache lag dagegen nicht im Schwerpunkt des Niederschlagsereignisses, die Hochwasserspitze erreichte dort gerade die Jährlichkeit 1.

Auch in der zweiten Monatshälfte des Juli verging kaum ein Tag ohne Regen und Gewitter. Vom 29. bis 31. Juli sorgten heftige Gewitter und damit verbundene Starkregen erneut für Überflutungen und Vermurungen. Betroffen waren vor allem das Tiroler Oberland, das Außerfern, Kärnten, das Südburgenland und die Bundeshauptstadt Wien.

Insgesamt fielen im Juli in Österreich etwa durchschnittliche Niederschlagsmengen. Nur einige Gebiete blieben unternormal beregnet, deutlich mehr Niederschlag als normal erhielten Landstriche von Klagenfurt bis ins nördliche Weinviertel. Herausragend waren jedoch die hohen Regenintensitäten in den Unwettern.

Bei den Ereignissen im Juli wurden an den Pegelmessstellen des Hydrographischen Dienstes im Wesentlichen Abflüsse mit Jährlichkeiten von  $HQ_{1-2}$  beobachtet. Die Abflüsse an kleineren unbeobachteten Gewässern haben aber auch deutlich höhere Jährlichkeiten (bis zu 50 Jahren) erreicht. Mit Ausnahme der Brixentaler und Kitzbüheler Ache in Tirol, an denen ein  $HQ_{10-20}$  ablief, waren größere Gewässer wenig oder nicht betroffen. Die Jährlichkeiten der Niederschläge lagen z.T. deutlich höher.

## 5 Die Hochwasserereignisse im August 2002

### 5.1 Das Hochwasserereignis vom 6.-9. August

#### 5.1.1 Meteorologische Ursachen und betroffene Gebiete

Ein Hochdruckzentrum über dem Atlantik führte Anfang August 2002 kalte Luft über die britischen Inseln auf das europäische Festland in Richtung Beneluxländer. Dort entstand ein wetterbestimmendes Bodentief, das bereits in der Zeit vom 1. bis 5. August 2002 feucht-warme Mittelmeerluft nach Norden transportierte. Die beim Zusammentreffen mit der kalten Nordströmung entstandenen Gewitterfronten verursachten vor allem in Norddeutschland erste Starkniederschlagsereignisse.

In weiterer Folge bildete sich ein einseitiges Hochdrucksystem über dem nördlichen Atlantik aus. Eine stabile Sommerwetterlage konnte somit nicht entstehen, da sich keine Hochdruckbrücke zwischen den Azoren und Skandinavien entwickelte (vgl. Abbildung 11). Durch das einseitige Hochdrucksystem wurde die stabile Lage des verstärkt feucht-warme Mittelmeerluft nach Norden liefernden Tiefdrucksystems über Nordfrankreich begünstigt. Diese Wettersituation führte am 6. und 7. August zu großräumigen Starkniederschlägen in Ostbayern, Böhmen, im österreichischen Salzachgebiet, sowie im Mühl- und Waldviertel.

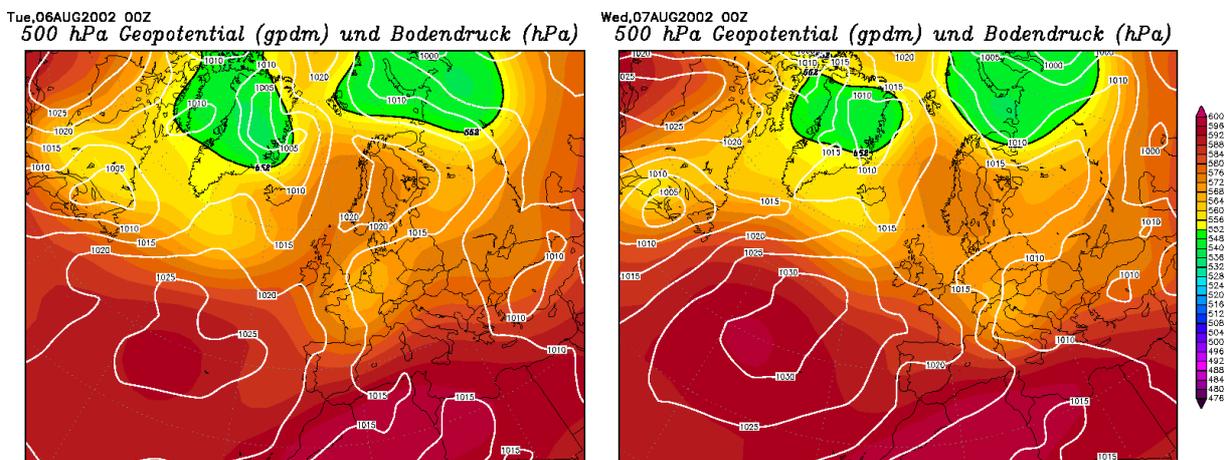


Abbildung 11: Bodendruck und 500 hPa Geopotentiallinie am 6. und 7. August 2002 (Quelle: <http://www.wetter-zentrale.de>)

#### 5.1.2 zeitliche und räumliche Verteilung der Niederschläge

Am 6. und 7. August erstreckte sich das Niederschlagsgebiet vom Tiroler Unterland über Salzburg und Oberösterreich nach Niederösterreich, wobei vor allem das östliche Mühlviertel und das Waldviertel die höchsten Zweitagesniederschlagssummen von 160 mm bis über 200 mm aufwiesen (die Niederschlagshöhe 1 mm entspricht 1 Liter/m<sup>2</sup>). Im Bereich der Stadt Salzburg wurden Werte von ca. 100 bis 150 mm gemessen und im Tiroler Unterland

zwischen 60 bis 80 mm pro Tag (siehe Abbildung 12). Die größten Zweitagesniederschlagssummen wurden unter anderem in Weikertschlag mit 246 mm, in Freistadt mit 242 mm; in Stadt Haag mit 236 mm, in Lichtenau mit 232 mm, in Karlstift mit 231 mm, in Sandl mit 227 mm und in Schenkenfelden mit 222 mm gemessen (vgl. auch Tabelle 3).

Einen guten Eindruck von der außergewöhnlichen Höhe der aufgetretenen Niederschläge gibt Tabelle 3 mit den Vergleichen zu den bisher beobachteten Niederschlagswerten. So ist z.B. an der Messstelle Freistadt, an der Niederschlagsdaten seit 1881 vorliegen, die Monatssumme für den August 2002 (431 mm) mehr als das 4,5-fache größer als die mittlere Monatssumme für den August (92 mm) und 1,7 mal so groß wie die größte beobachtete Monatsniederschlagssumme (252 mm). aber auch der Ereignisniederschlag vom 6. und 7. August (242 mm) ist mit der größten bisher gemessenen Monatssumme (252 mm) vergleichbar, 2,6 mal größer als die mittlere Monatssumme im August (92 mm) und 2,5 mal größer als die größte aufgetretene Tagessumme vor 2002 (95,6 mm). An allen Messstellen waren die Zweitagesniederschlagssummen mehr als doppelt so groß wie die bisher beobachteten größten Tagessummen und die Monatssummen im August übertrafen die bisher beobachteten größten Monatssummen bei weitem.

Tabelle 3 : Vergleich der größten Zweitagesniederschlagssummen vom 6. und 7. August mit den größten beobachteten Tages- und Monatssummen vor 2002, sowie einer Einschätzung der Jährlichkeiten

Messstelle				Monatssummen vor 2002 [mm]		seit	Jährlichkeit
	2 Tages- summe 6./7.August	Monatssumme August 2002	Größte Tages- summe vor 2002 – seit	Mittlere August – seit	Größte Tages- summe- seit		
	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]		
<b>Weikertschlag</b>	246	482	88,5	84	244	1981	95 - 1000
<b>Freistadt</b>	242	431	95,6	92	252	1881	450 -
<b>Stadt Haag</b>	236	440	90,9	102	264	1900	190 -
<b>Lichtenau</b>	232	418	73,5	85	159	1994	
<b>Karlstift</b>	231	497	104,0	111	366	1901	510 -
<b>Sandl</b>	227	512	68,0	105	351	1991	
<b>Schenkenfelden</b>	222	381	98,2	88	255	1901	240 -

Auch die Einschätzung der Jährlichkeit spiegelt die Außergewöhnlichkeit des Niederschlagsereignisses wider. Zur Abschätzung wurden an die Datensätze der Zweitagesniederschlagssummen für jene Messstellen, an denen ausreichend lange Niederschlagsbeobachtungen (ab 1971) vorliegen, Generalisierte Extremwertverteilungen (GEV) angepasst. Der erste Schätzwert für die Jährlichkeit - vor dem Bindestrich - ergab sich durch die Anpassung der GEV unter Berücksichtigung der Zweitagessumme 6. und 7. August 2002, der zweite Wert wurde ohne Berücksichtigung des Ereignisniederschlags ermittelt. Wo keine Einschätzung der Jährlichkeit möglich war, fehlen die Werte in Tabelle 3 (zu wenige Daten, keine Aussage möglich). Es zeigt sich, dass praktisch für keine Messstelle aus den vor 2002 erhobenen

Daten eine plausible Schätzung für die Jährlichkeit möglich ist – Ausnahme ist vielleicht Weikertschlag mit einem Schätzwert von 1000 Jahren – und somit unterstreichen auch die Schätzwerte der Jährlichkeit die Außergewöhnlichkeit des Ereignisses im Mühl- und Waldviertel.

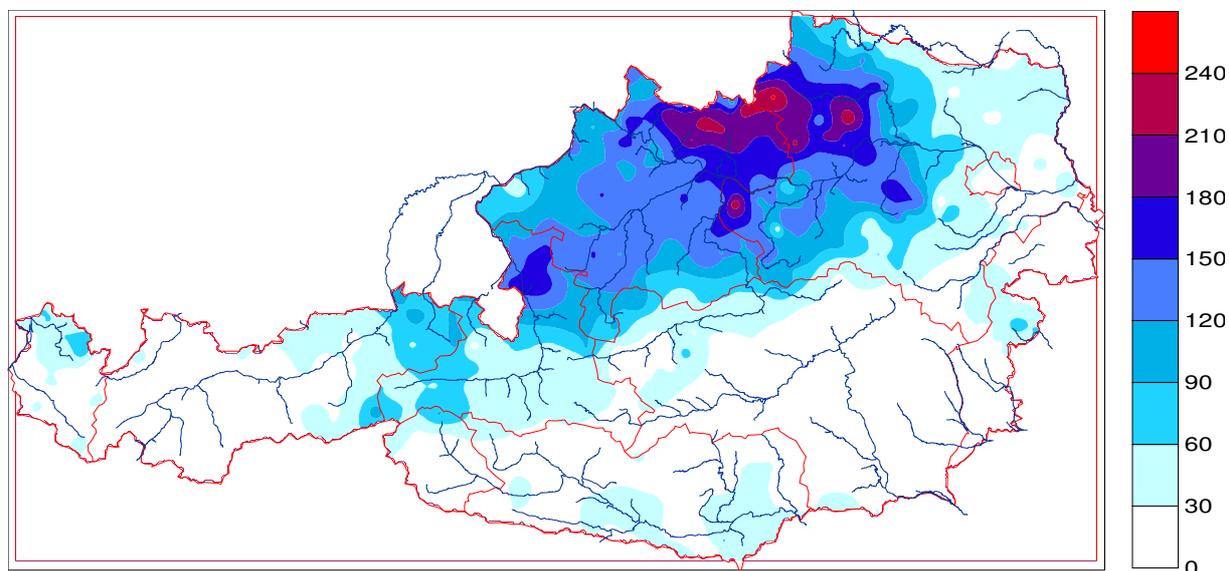


Abbildung 12: Zweitagesniederschlagssummen in mm vom 6. August 7 Uhr bis 8. August 2002 7 Uhr (vorläufige Daten)

### 5.1.3 Ablauf des Hochwassers

Von den Niederschlägen des 6. und 7. August waren vor allem Salzburg, Ober- und Niederösterreich betroffen. In diesen Gebieten sowie teilweise auch darüber hinaus kam es im Zeitraum vom 7. bis 9. August zu einer Hochwassersituation. In Vorarlberg, am Lech und im Tiroler Unterland (Großachengebiet) sind diese Hochwasser als  $HQ_{2-5}$  einzuordnen, an der Salzach wurde ein  $HQ_{10-15}$ , an der Traun ein  $HQ_{5-10}$ , an der Enns ein  $HQ_{2-5}$  und an der Donau ein  $HQ_{5-10}$  beobachtet. Je nach Niederschlagsverteilung und Laufzeit bis zu den Pegelstellen erreichten die Hochwasserwellen ihre Scheitel am 7. bzw. 8. August. Gesondert betrachtet wird in den folgenden Abschnitten das Hochwassergeschehen an den Gewässern im unteren Mühlviertel und nördlichen Machland wie auch im niederösterreichischen Krems- und Kamptal. In diesen Gebieten wurden Durchflüsse mit Wiederkehrzeiten von weit über 100 Jahren beobachtet.

### 5.1.4 Ablauf des Hochwassers im Mühlviertel

Aufgrund der extremen Niederschläge am 6. und 7. August 2002 führten sämtliche Gewässer im unteren Mühlviertel Hochwasser, wobei vor allem das Gebiet der Aist in katastrophalem Ausmaß betroffen war.

Die Gemeinde Schwertberg im Bezirk Perg wurde in der Nacht vom Mittwoch den 7. August 2002 auf Donnerstag den 8. August 2002 überflutet, nachdem die Aist über die Ufer getreten

war. Der gesamte Marktbereich, sowie zahlreiche Straßenzüge in Schwertberg standen ca. 1,20 m unter Wasser, teilweise noch höher. Schwertberg war von der Außenwelt abgeschnitten und wurde durch die Aist in 2 Teile geteilt. Feuerwehren, das Rote Kreuz und die Gendarmerie waren stundenlang im Einsatz um Menschen zu evakuieren und zu versorgen.

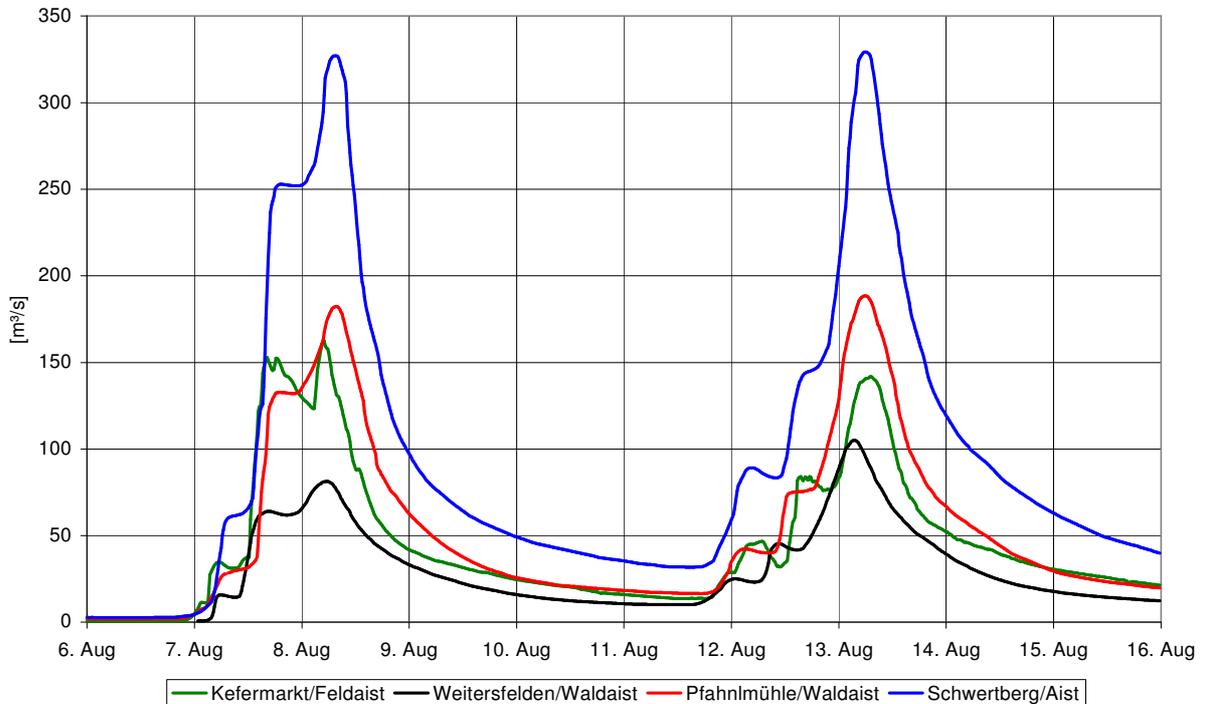


Abbildung 13: Durchflussganglinien der Messstellen im Einzugsgebiet der Aist

Durch das Katastrophenhochwasser wurden die Pegelstellen Schwertberg/Aist, Pfahlmühle/Waldaist und Weitersfelden/Waldaist stark beschädigt bzw. vernichtet. Auf Grund von nachträglichen Geländeaufnahmen und einer Spiegellinienberechnung konnten die Scheitelabflüsse an diesen Messstellen rekonstruiert werden. Die rekonstruierten Ganglinien sind zusammen mit der Abflussganglinie Kefermarkt/Feldaist in Abbildung 13 dargestellt. Für die Messstelle Schwertberg/Aist wurde am 8. August 2002 ein Spitzenabfluss von 320 m<sup>3</sup>/s ermittelt. Dieser Wert wurde beim zweiten Ereignis am 13. August 2002 mit 330 m<sup>3</sup>/s noch übertroffen. Beide Werte liegen deutlich über dem bisher bekannt gegebenen RHHQ von 280 m<sup>3</sup>/s.

Maximale Durchflüsse während des ersten Ereignisses wurden am 8. August an den Messstellen Freistadt und Kefermarkt/Feldaist (vgl. Abbildung 13), Königswiesen/Große Naarn, Unterweißenbach/Kleine Naarn und St. Georgen/Gusen beobachtet. In Waldhausen/Samingbach waren die Scheitelwerte am 8. und 13. August gleich groß, und bei allen anderen Messstellen im Mühlviertel traten die größten Scheiteldurchflüsse, die teilweise nur geringfügig die Werte vom ersten Ereignis überschreiten, während des zweiten Hochwasserereignisses auf (vgl. Abbildung 19).

Durchflüsse mit Wiederkehrzeiten von weit über 100 Jahren wurden unterhalb von Freistadt/Feldaist an sämtlichen anderen Pegelstellen im Einzugsgebiet der Aist, aber auch in Leopoldschlag/Maltsch und in Waldhausen/Samingbach beobachtet.

In den benachbarten Einzugsgebieten wurden am 8. August 2002 in Rottenegg/Rodl und in Engerwitzdorf/Große Gusen ein ca.  $HQ_{80}$  bzw. an der Großen Naarn und Naarn ein  $HQ_{30-50}$  beobachtet. In diesen Einzugsgebieten gab es an den erst relativ kurz beobachteten Messstellen Zwettl a. d. Rodl/Rodl, Zwettl a. d. Rodl/Diestlbach, Unterweikersdorf/Kleine Gusen und in Unterweißenbach/Kleine Naarn in den letzten Jahren lokal größere Hochwasserereignisse als im August 2002, weshalb die Jährlichkeiten an diesen Messstellen deutlich geringer ausfallen (vgl. Tabelle 4). An allen anderen Messstellen im unteren Mühlviertel, mit Ausnahme von St. Georgen an der Gusen, wo das größte Ereignis seit 1951 im Jahr 1954 stattfand, wurden im August 2002 seit Beobachtungsbeginn die bisher größten Hochwasser beobachtet.

Tabelle 4 : Bisherige größere Hochwasser im Mühlviertel als im August 2002

Messstelle	Gewässer	Beob.-beginn	HHQ <sub>bisher</sub> [m <sup>3</sup> /s]	Am	HQ <sub>2002</sub> [m <sup>3</sup> /s]	am	Jährlichkeit
Zwettl a. d. Rodl	Gr. Rodl	1984	41,1	01.07.87	37,8	13.08.02	13
Zwettl a. d. Rodl	Diestlbach	1985	90,8	01.07.87	36,1	13.08.02	30
Unterweikersdorf	Kl. Gusen	1994	66,3	06.08.00	39,0	13.08.02	16
Unterweißenbach	Kl. Naarn	1971	58,2	19.06.86	26,0	08.08.02	20

### 5.1.5 Ablauf des Hochwassers im Waldviertel

Das Hochwasser im August 2002 wird als einzigartiges Katastrophenereignis in die Geschichte eingehen. Durch dieses Naturereignis waren große Teile Niederösterreichs schwer betroffen, wobei sich die Flut auch auf Bereiche auswirkte, die bisher als hochwassersicher galten.

In den Nachtstunden vom 6. auf den 7. August 2002 verursachten schwere Unwetter in den Bezirken St. Pölten, Krems, Zwettl, Horn, Melk und Tulln die bisher größte Hochwasserkatastrophe im Bundesland Niederösterreich. Beträchtliche Schäden wurden im Kamptal aber auch abschnittsweise entlang der Niederösterreichischen Krems, der Thaya und der Lainsitz verzeichnet.

Viele Messstellen des Hydrographischen Dienstes wurden durch die Hochwasserereignisse stark in Mitleidenschaft gezogen, einige davon sogar vollständig zerstört. Die Wasserstandsaufzeichnungen mussten daher teilweise durch Einmessung der Wasseranschlaglinie vor Ort und anschließender hydraulischen Berechnung rekonstruiert werden.

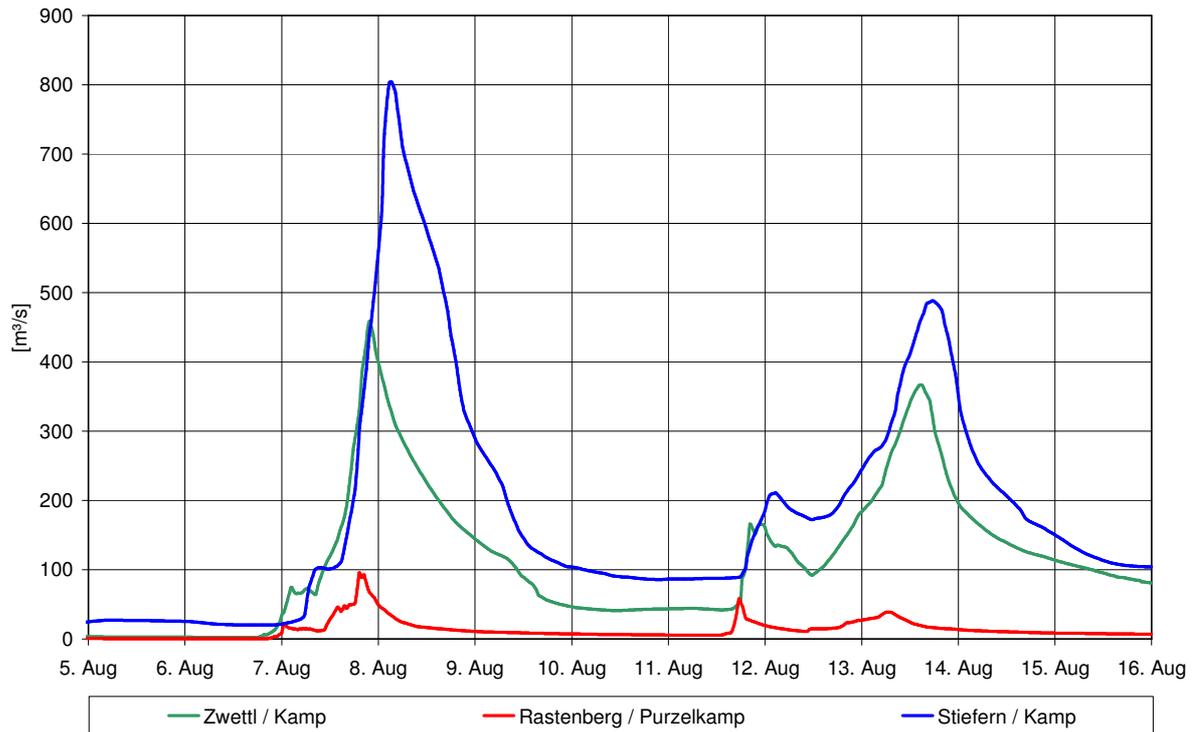


Abbildung 14: Durchflussganglinien der Pegel im Kamp-Einzugsgebiet

Der Wasserstand des Kamp begann am 6. August um 20 Uhr anzusteigen und lag bei Zwettl um 2 Uhr bereits 2 m über dem Mittelwasser. Im Laufe des 7. August 2002 verschärfte sich die Lage im Kamptal und an der Lainsitz weiter. Am Nachmittag musste erstmals Wasser über die Hochwasserentlastung aus dem Stausee Ottenstein abgelassen werden. In Zwettl wurde der Scheitel der Hochwasserwelle etwa um Mitternacht mit einem Wasserstand von ca. 4 m über dem Mittelwasser erreicht. Der Kamp bei Stiefen zeigte einen etwa um 5 Stunden späteren Anstieg. Die Abflussspitze bei Zwettl bzw. Stiefen betrug 460 m<sup>3</sup>/s bzw. 800 m<sup>3</sup>/s (siehe Abbildung 14).

Unterhalb Hadersdorf kam es links- und rechtsseitig zu Überströmungen der Kampdämme, was in weiterer Folge zu Damnbrüchen führte. Das nördliche Tullnerfeld wurde überflutet, sowie Bereiche der Gemeinden Gedersdorf und Rohrendorf. Mehrere Ortschaften im Kamptal standen zu diesem Zeitpunkt unter Wasser, Menschen mussten evakuiert werden oder wurden aus gefährlichen Situationen ausgeflogen. Zahlreiche Straßen wurden unpassierbar und mehrere Brücken zerstört. Zusammen mit den Zuflüssen der Zubringer unterhalb der Stauseen erreichte der Durchfluss im Mündungsbereich geschätzte 1000 m<sup>3</sup>/s. Am Freitag, dem 9. August 2002 bewirkte das vorübergehende Nachlassen der Niederschläge eine Entspannung im Kamptal und an der Donau. Am Oberlauf des Kamps wurde mit Aufräumarbeiten begonnen.

Die Lage wurde jedoch im unteren Kamptal und im nördlichen Tullnerfeld für mehrere Gemeinden bedrohlich, da die zum Schutz vor dem Donauhochwasser errichteten Dämme

und Polder das Hochwasser aus dem Kampthal daran hinderten, in die Donau abzufließen. Nach Bewertung der Lage durch Sachverständige wurden Polder und Dämme geöffnet. Laut Wettervorhersage musste mit ergiebigen Niederschlägen beginnend mit Sonntagabend, dem 11. August 2002 bis einschließlich Dienstagvormittag gerechnet werden. Die Verantwortlichen des Landes überprüften daher gemeinsam mit Vertretern der EVN eine Absenkung des Speichers Ottenstein, um Retentionsraum für die zweite zu erwartende Hochwasserwelle zu schaffen. Im Hinblick auf das Gefährdungspotenzial zusätzlicher Wassermengen für die beschädigten Dämme und in weiterer Folge für die betroffenen Gemeinden im Unterlauf des Kamps, wurde von einer künstlichen Erhöhung des Kampdurchflusses zunächst Abstand genommen. Nachdem der Zufluss zum Kraftwerk Ottenstein deutlich abnahm, konnte die Abgabe aus der Stauhaltung erhöht werden.

### **5.1.6 Ablauf des Hochwassers im Salzachgebiet**

Das Zentrum der außergewöhnlich starken Regenfälle – bis zu 120 mm – lag in der Nacht vom 6. August auf 7. August über der Stadt Salzburg und den Bezirken Flachgau und Tennengau. Unzählige kleinere Bäche und Gewässer traten aus den Ufern. An die 1.600 Feuerwehrleute standen im Einsatz, um Keller und Tiefgaragen auszupumpen und Schäden nach Murenabgängen zu beheben. Im Flachgau gab es überhaupt nur eine oder zwei Gemeinden wo keine Einsätze nötig waren. Die Salzach und die Saalach überstiegen zwar die Hochwassergrenze, traten aber nicht aus den Ufern.

### **5.1.7 . Zusammenfassung (Karte der Jährlichkeiten)**

Die Abbildung 15 zeigt die räumliche Ausdehnung des Hochwasserereignisses vom 6.-8. August 2002 in Österreich und die Jährlichkeiten der Abflüsse. An den Gewässern im unteren Mühlviertel und nördlichen Machland sowie im niederösterreichischen Krems- und Kampthal traten Durchflüsse mit Wiederkehrzeiten von weit über 100 Jahren auf. Dabei wurden in Zwettl und Stiefern/Kamp Abflüsse mit Jährlichkeiten von  $HQ_{1000-2000}$  erreicht. Während die Abflüsse des Großen Kamp bei Neustift eine Jährlichkeit von  $HQ_{50}$  und des oberen Purzelkamp bei Kaltenbrunn eine Jährlichkeit von  $HQ_{60}$  aufweisen, betragen sie bei Rastenberg bereits  $HQ_{300}$ . An der Aist weisen die Abflüsse sämtlicher Pegelstellen mit Ausnahme von Freistadt/Feldaist, wo nur ein ca.  $HQ_{40}$  vorlag, Jährlichkeiten von über  $HQ_{100}$  auf und liegen bei Schwertberg/Aist vermutlich in ähnlichen Größenordnungen wie am Kamp.

Bedingt durch die räumlich eher geringe Ausdehnung des Ereignisses weisen die Abflüsse der Donau unterhalb der Ennsmündung bis Wien eine Jährlichkeit von ca. 10 auf, außerhalb dieses Bereiches von 5-10.

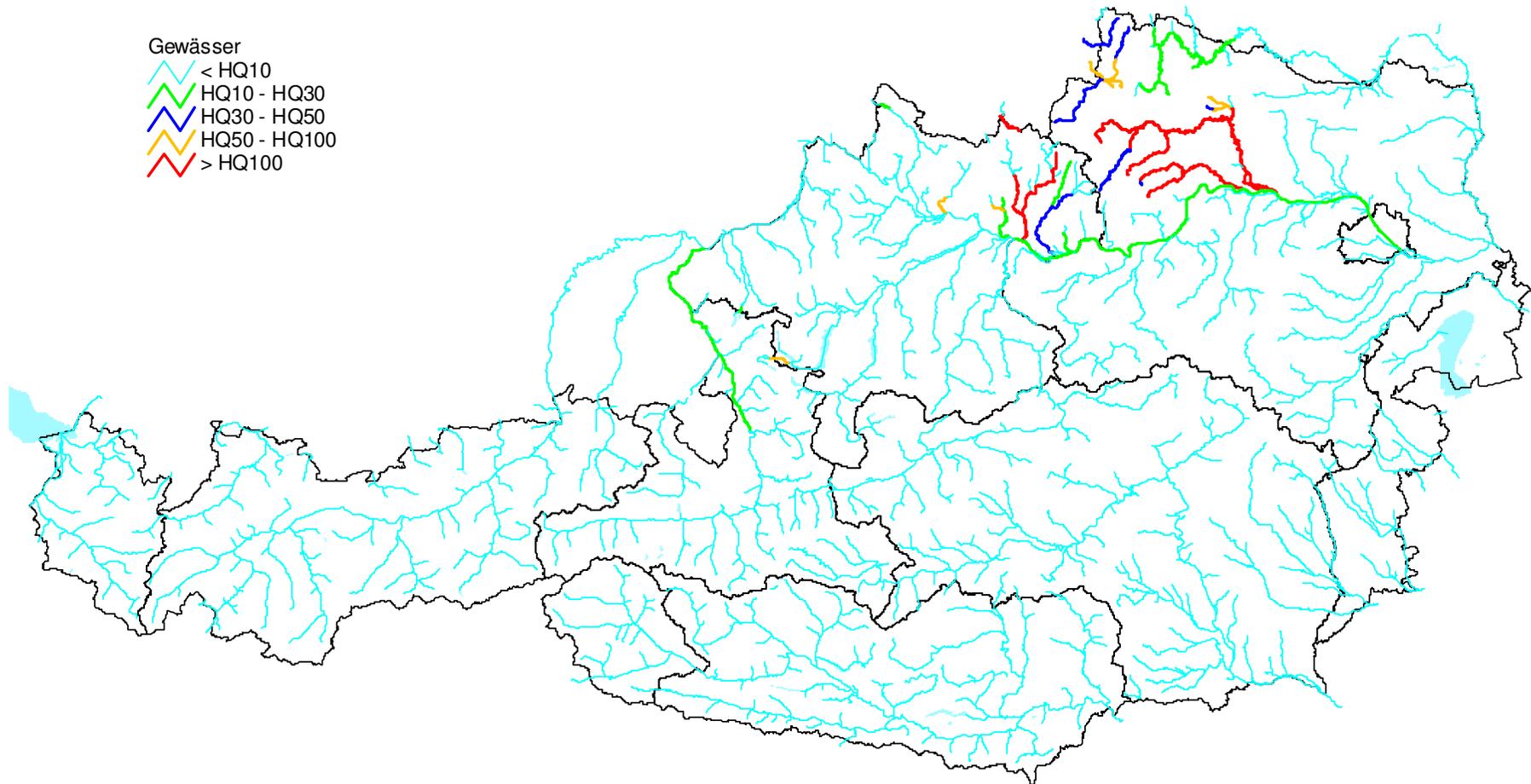


Abbildung 15: Darstellung der Jährlichkeiten am 6.-7. August 2002

## 5.2 Das Hochwasserereignis vom 11.-15. August

### 5.2.1 Meteorologische Ursachen und betroffene Gebiete

Am 8. August ließen die Niederschläge in Österreich nach. Das Azorenhoch verstärkte sich und veränderte seine Lage etwas nach Norden. Eine die Nordströmung abschwächende Hochdruckbrücke bis nach Skandinavien bildete sich nicht aus, im Gegenteil, die „einseitige“ Lage des Atlantikhochs bewirkte über eine von England bis nach Süditalien ausgebildete Tiefdruckrinne den erneuten Vorstoß von kalter Luft aus dem Norden bis weit in den Süden. Diese Tiefdruckrinne spaltete sich am 11. August, es entwickelte sich daraus ein sekundäres Tiefdrucksystem über Norditalien (Abbildung 16).

Dieser Wirbel verlagerte sich zunächst ostwärts zur Adria und dann über die Ostalpen hinweg in Richtung Polen (Vb-Entwicklungstief). Das sekundäre Tiefdrucksystem blieb bis zum 13. August für Zentral-Europa wetterbestimmend, da der Kern nur langsam nach Polen zog. Die in ihm gehobene feucht-warme subtropische Luft aus dem Mittelmeerraum hatte auf einem breiten Streifen, der von Brandenburg über Sachsen und Böhmen hinweg bis nach Ostbayern und Österreich reichte, ungewöhnlich starken Regen zur Folge.

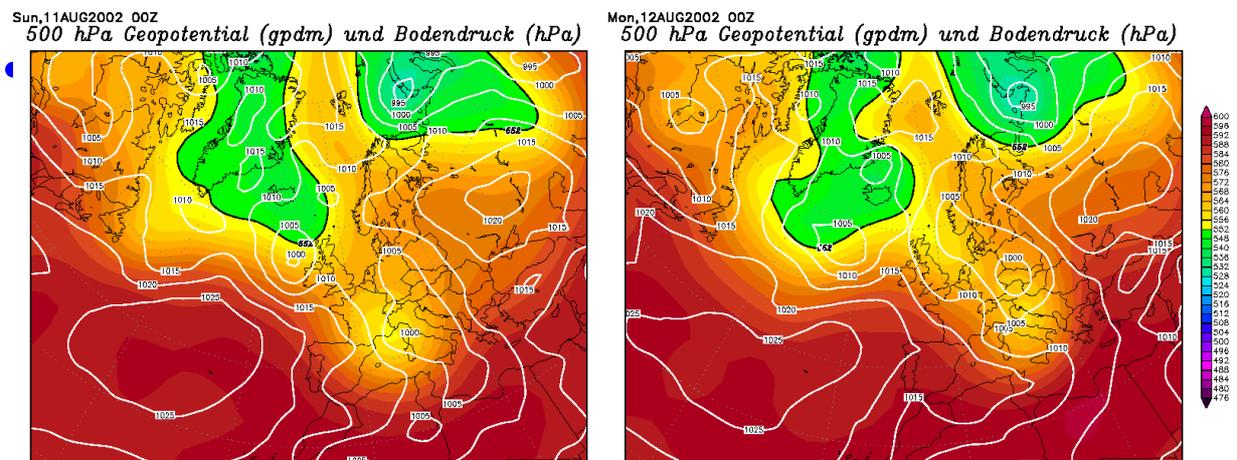


Abbildung 16: Bodendruck und 500 hPa Geopotentiallinie am 11. und 12. August 2002 (Quelle: <http://www.wetter-zentrale.de>)

Solche Wetterlagen haben bereits in der Vergangenheit sowohl im Frühjahr und Herbst (z.B. Mai 1991), aber vor allem im Sommer (August 1991, August 1966, September 1965, August 1959) zu außergewöhnlichen Hochwasserereignissen geführt. Bei den hohen Temperaturen im Sommer können die Luftmassen erheblich mehr Wassermassen aufnehmen und somit noch größere Niederschläge verursachen.

### 5.2.2 zeitliche und räumliche Verteilung der Niederschläge

Am 11. und 12. August traten Niederschläge entlang der gesamten Alpennordseite von Vorarlberg bis nach Niederösterreich auf. Die Zentren der größten Niederschläge wurden im

Ennstal, im Salzkammergut und wiederum im Mühl- und Waldviertel beobachtet. Etwas abgeschwächt wurden Gebiete im Oberlauf von Mur und Mürz überregnet (siehe Abbildung 17).

So wurden z.B. in Laussa Zweitagesniederschlagssummen von 227 mm, in Gößl von 213 mm, in Piberstein von 206 mm, in Bodinggraben von 198 mm, in Kleinreifling von 193 mm und in Kirchlandl von 192 mm beobachtet (siehe Tabelle 5). Auch die Messstelle Sandl, die schon am 6. und 7. August unter den 7 Messstellen mit den größten Niederschlägen vertreten war, befand sich beim zweiten Ereignis mit 189 mm erneut unter den Messstellen mit den meisten Niederschlägen. Im Gegensatz zum Ereignisniederschlag vom 6. und 7. August wurden etwas geringere Zweitagesniederschlagssummen in solchen Gebieten, in denen normalerweise mehr Niederschlag fällt, verzeichnet (vergleiche Tabelle 3 und Tabelle 5). Das ist auch aus den abgeschätzten Jährlichkeiten ersichtlich, die an jeder Messstelle – bis auf Piberstein – den Zweitagesniederschlagssummen sowohl mit, als auch ohne den Ereignisniederschlagswert zugeordnet werden konnte und eine relativ geringe Schwankungsbreite der Ergebnisse aufweisen.

In Vorarlberg fielen vom 11. bis 12. August 2002 um 5 Uhr in 36 Stunden 80 bis 150 mm Niederschlag. In der Zeit vom 9. bis 12. August wurden im Einzugsgebiet der Bregenzerach und der Dornbirnerach über 200 mm gemessen. Die Zweitagessummen am 11. und 12. August betragen an der Messstelle Ebnit/Dornbirnerach 165 mm, in Innerlaterns/Frutz 168 mm und in Schoppernau 156 mm.

Tabelle 5: Vergleich der größten Zweitagesniederschlagssummen vom 11. und 12. August mit den größten beobachteten Tages- und Monatssummen vor 2002, sowie einer Einschätzung der Jährlichkeiten.

Messstelle	2-Tagessumme 1.-12.August	Monatssumme August 2002	größte Tagessumme vor 2002 – seit	Monatssummen vor 2002			Jährlichkeit
				Mittlere im August	Größte - seit	seit	
	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]		
<b>Laussa</b>	227	492	132,8	145	493	1949	90 - 125
<b>Gößl</b>	213	443	138,7	178	533	1901	40 - 110
<b>Piberstein</b>	206	509	129,0	114	331	1951	140 -
<b>Bodinggraben</b>	198	444	100,1	165	481	1992	
<b>Kleinreifling</b>	193	358	190,2	158	470	1897	60 - 125
<b>Kirchenlandl</b>	192	312	98,6	148	413	1951	85 - 290
<b>Sandl</b>	189	512	98,2	105	351	1991	

In Tirol wurden am 11. und 12. August Tagesmengen des Niederschlages von bis zu 120 mm gemessen (Niederndorferberg).

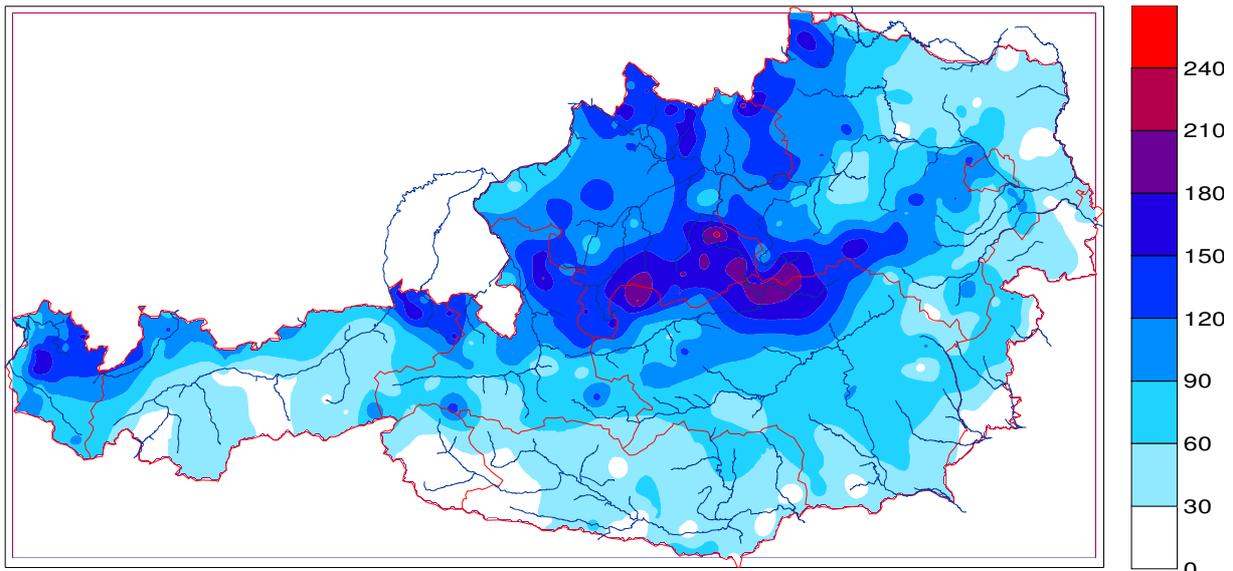


Abbildung 17: Zweitagesniederschlagssummen in mm vom 11. August 7.00 Uhr bis 13. August 2002 7.00 Uhr (vorläufige Daten)

### 5.2.3 Ablauf des Hochwassers

Die außergewöhnlich hohe Vorbefeuchtung durch das 1. Ereignis und die neuerlichen Niederschläge am 11. und 12. August 2002 führten zu einer großflächigen Hochwassersituation in Österreich von Vorarlberg bis Hainburg. Die höchsten Niederschläge ereigneten sich im Salzkammergut und im Einzugsgebiet der Enns. Weite Strecken der Traun, der Krems und der Enns mit den jeweiligen Zubringern waren daher von Überschwemmungen betroffen. Die Hochwassersituation der Donau an der Grenze zu Bayern war durch die ebenfalls extremen Niederschläge im Südosten Bayerns äußerst angespannt. Vom Hochwasser betroffen waren das Lechgebiet, das Tiroler Achengebiet und das Salzachgebiet ab Golling, wo es zum Teil größere Überschwemmungen gab. Dagegen blieb das Tiroler Inngebiet und das Einzugsgebiet der oberen Salzach vom Hochwasser verschont.

Die Wasserführung von Traun und Enns verschärfte die Situation an der Donau maßgeblich. Großflächige Überflutungen im gesamten Donautal vom Machland über die Wachau und das Tullnerfeld bis Wien und weiter die Donau östlich von Wien waren die Folge. Bedingt durch die extreme Vorbefeuchtung im Mühl- und Waldviertel durch das erste Ereignis und die neuerlichen Niederschläge kam es an der Ranna, der Aist und Naarn und am Kamp wiederholt zu schweren Überflutungen.

Das obere Mur- und das Mürztal lagen dagegen eher am Rande der Hauptniederschlagszone. Die Scheitelwerte erreichten Größenordnungen bis zu einem HQ<sub>15</sub> (Zeltweg bis Graz). Da die weststeirischen Zubringer zur Mur nur geringe Hochwasserführung aufwiesen, wurde die Hochwasserwelle der Mur nicht weiter aufgefüllt und passierte die Landesgrenze nach Slowenien mit einem HQ<sub>3</sub>.

## 5.2.4 Ablauf des Hochwassers in Vorarlberg und Tirol (Bregenzerach, Lech, Großachengebiet)

Auf Grund der anhaltenden intensiven Regenfälle in der Nacht vom 11. zum 12. August 2002 vor allem im Bregenzerwald und in den Nordstaulagen kam es in Vorarlberg zu markanten Hochwasserabflüssen mit Jährlichkeiten bis zu 100 Jahren. Die Spitzenabflüsse wurden in einem Zeitraum vom 11. August 23:00 (Pegel Unterhochsteg) bis zum Morgen des 12. August um 6.15 Uhr (Rhein) registriert. Die Bregenzerach erreichte mit einem Spitzenwert von  $370 \text{ m}^3/\text{s}$  ( $HQ_{100}$ ) in Mellau und mit  $1030 \text{ m}^3/\text{s}$  ( $HQ_{50}$ ) am Pegel Kennelbach die Werte des höchsten seit 1951 beobachteten Hochwassers vom 21./22. Mai 1999 nahezu wieder. Der Hochwasserscheitel der Dornbirnerach kam mit  $200 \text{ m}^3/\text{s}$  ( $HQ_{5-10}$ ) dem höchsten seit 1983 beobachteten Wert im Jahr 1999 nahe. Die Leiblach (Pegel Unterhochsteg) hatte einen Hochwasserscheitel von  $120 \text{ m}^3/\text{s}$  ( $HQ_{50}$ ). Geringere Jährlichkeiten traten an Rhein ( $HQ_3$ ) und Ill ( $HQ_5$ ) auf, da deren Einzugsgebiete nicht im Zentrum des Starkregens lagen. Der Wasserstand des Bodensees blieb trotz der Niederschläge der ersten Dekade am 10. August noch 44 cm unter dem langjährigen Durchschnitt für August. Die nachfolgenden Niederschläge ließen den Seewasserstand bis zum 14. August bis auf 28 cm über den langjährigen mittleren Wasserstand steigen.

Markante Hochwasserwellen mit Jährlichkeiten von 30 bis 100 Jahren wurden durch die intensiven Niederschläge in den Nordstaulagen am 11. bis 12. August in Tirol ausgelöst. Entsprechend der Zugrichtung des Niederschlagsgebietes waren zunächst das Tiroler Außerfern, vor allem das untere Lechtal, und die Nordalpen betroffen. Die höchsten Abflüsse wurden am 12. August in den frühen Morgenstunden beobachtet. Am Pegel Steeg/Lech wurde mit einem Scheitelabfluss von  $199 \text{ m}^3/\text{s}$  das bisher höchste seit 1951 beobachtete Hochwasser aus dem Jahr 2000 wieder erreicht. Das entspricht einer Wiederkehrzeit größer 50 Jahren. Am unteren Lech und an der Vils blieben die Spitzenabflüsse, die jeweils einem  $HQ_{30}$  bis  $HQ_{50}$  entsprachen, unter den bisherigen Höchstwerten aus dem Jahr 1999. Im weiteren Verlauf des 12. August verlagerte sich der Schwerpunkt des Niederschlagsgebietes ostwärts, so dass sich die Lage in den genannten Gebieten nicht weiter verschärfte. Das Hochwassergeschehen in Tirol erreichte dann im Großachengebiet seinen Höhepunkt. An Kitzbüheler Ache, Aschauer Ache und Fieberbrunner Ache wurden bisher beobachtete Höchstwerte überschritten, die Jährlichkeiten reichten von 30 bis zu 100 Jahren bzw. an der Fieberbrunner Ache sogar über 100 Jahre. Auffällig sind die relativ kurzen Anstiegszeiten. Am Pegel Sperten/Aschauer Ache wurde innerhalb von 1,5 Stunden der einjährige Hochwasserabfluss, 4,5 Stunden später bereits der höchste Wasserstand erreicht. Ähnlich dramatisch erfolgte der Anstieg an der Fieberbrunner Ache am Pegel Almdorf. In Osttirol reagierten lediglich die tauernnahen Wasserläufe mit einem Abflussereignis der Jährlichkeit 2 bis 5.

### **5.2.5 Ablauf des Hochwassers im Salzachgebiet**

Durch die intensiven Niederschläge am 6. und 7. August, die zu einem 10-jährlichen Hochwasser führten, war der Boden stark durchfeuchtet. Aus diesem Grund verursachte das Niederschlagsereignis am 11. und 12. August einen sehr raschen Anstieg der Wasserführung, vor allem an der Salzach, der Saalach und der Lammer. An der Salzach wurde im Pinzgau (Mittersill) aufgrund der geringeren Niederschläge nur ein 10-jährliches Ereignis registriert, in Werfen wurde  $HQ_{60}$  erreicht, flussab in Golling  $HQ_{80}$  und in Salzburg  $HQ_{100}$ , ebenso in Oberndorf. An der Lammer wurde mit  $580 \text{ m}^3/\text{s}$  der bisher größte gemessene Durchfluss bzw. ebenfalls ein  $HQ_{100}$  erreicht, an der Saalach in Siezenheim ein  $HQ_{60} - HQ_{80}$ .

### **5.2.6 Ablauf des Hochwassers an der Traun**

Das steirische Traun-Einzugsgebiet und die alpinen Zubringer oberhalb der Seen im Salzkammergut waren flächendeckend von Hochwasser mit hohen Jährlichkeiten betroffen. Bisher beobachtete Höchstwerte wurden wieder erreicht. Durch die Retention der Salzkammergutseen wurde eine Abschwächung der Hochwasserspitzen und auch eine zeitliche Verzögerung der Durchflüsse an der unteren Traun bewirkt. Die Durchflüsse der Traun zwischen Hallstätter See und Traunsee wiesen Jährlichkeiten von ca.  $HQ_{40}$  auf. Die Durchflüsse an der Ager nebst Zubringern und an der Traun unterhalb des Traunsees bis zur Einmündung der Alm erreichten Jährlichkeiten von  $HQ_{30-40}$ . Die rechtsseitigen Zubringer der Traun, Alm und Krems brachten dann extreme Abflüsse mit Jährlichkeiten weit über  $HQ_{100}$ , sodass die Traun unterhalb der Alm bis zur Mündung in die Donau Abflüsse mit Jährlichkeiten von ca.  $HQ_{100}$  erreichte. Bei Wels-Lichtenegg wurde ein Durchfluss von  $1570 \text{ m}^3/\text{s}$  (ohne Mühlbach) registriert.

### **5.2.7 Ablauf des Hochwassers an der Enns**

Die außergewöhnlich hohe Vorbefeuchtung und die neuerlichen Niederschläge am 11. bis 13. August 2002 (vgl. Abbildung 18) bewirkten einen extrem raschen Anstieg der Wasserführungen der Gewässer im unteren Einzugsgebiet der Enns. Beispielhaft für das Abflussverhalten an diesen Gewässern ist der Anstieg am Pegel Steyr (Ortskai)/Enns, der am 12. August in der Zeit von 4 Uhr bis 14 Uhr von ca.  $450 \text{ m}^3/\text{s}$  auf  $3100 \text{ m}^3/\text{s}$  anstieg (vgl. Abbildung 21). Der Wasserstand stieg dabei um ca. 5,2 m.

Das obere Ennstal war flächendeckend von Hochwasser mit hohen Jährlichkeiten betroffen. Bisher beobachtete Höchstwerte wurden erreicht bzw. zum Teil deutlich überschritten. Die Enns erreichte am 12. August gegen 11 Uhr in Schladming einen Höchstabfluss von  $301 \text{ m}^3/\text{s}$  mit einer Jährlichkeit von etwa 100 Jahren, der um ca.  $50 \text{ m}^3/\text{s}$  über dem bisher höchsten seit 1951 beobachteten Wert liegt. Die großflächige Retention im oberen Ennstal infolge der Überflutungen und Ausuferungen dürfte die Hochwasserspitze abgeschwächt haben, so

dass im weiteren Verlauf flussabwärts von Schladming die Jährlichkeiten auf  $HQ_{30}$  abnahmen.

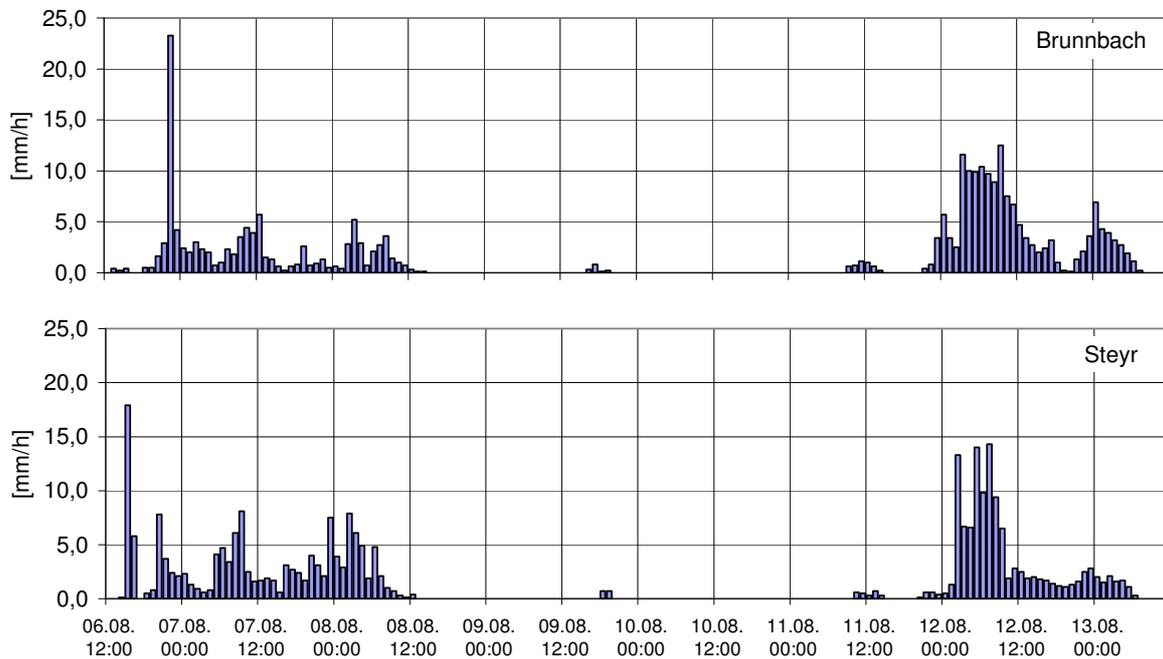


Abbildung 18: Verteilung der Niederschläge im Ennsgebiet an den Stationen Steyr/Enns und Brunnbach/Reichramingbach

Durch die extrem hohen Niederschläge in den Nordstaulagen und die damit verbundenen hohen Durchflüsse der linksseitigen Ennszubringer mit durchwegs Jährlichkeiten von größer  $HQ_{100}$  nahmen die Abflüsse der Enns ab der oberösterreichischen Grenze bis hin zur Mündung in die Donau sukzessive zu. Von der oberösterreichischen Grenze bis oberhalb des Reichramingbaches stiegen die Jährlichkeiten der Durchflüsse der Enns von ca.  $HQ_{30}$  auf  $HQ_{50}$ , betrug ab der Einmündung des Reichramingbaches bis oberhalb der Steyr ca.  $HQ_{100}$  und stiegen unterhalb der Einmündung der Steyr bis zur Mündung in die Donau auf etwas mehr als  $HQ_{100}$ . Die untere Steyr führte ab der Einmündung der Krummen Steyrling ebenfalls ein Hochwasser in der Größenordnung von etwas über  $HQ_{100}$ .

### 5.2.8 Ablauf des Hochwassers im Mühlviertel

Die neuerlichen Niederschläge am 11. und 12. August 2002 führten auch aufgrund der hohen Vorbefeuchtung der Böden zu einer in der räumlichen Ausdehnung und in der Höhe der Abflussspitzen noch schlimmeren Hochwassersituation als beim ersten Ereignis. Diesmal waren sämtliche Gewässer im oberen und unteren Mühlviertel vom Hochwasser betroffen, obwohl die Niederschläge im unteren Mühlviertel geringer waren als beim Ereignis vom 6.-8. August (vgl. Abbildung 20). Die Abflüsse vom 7.-8. August wurden an einigen Gewässern wieder erreicht und größtenteils überschritten. Nur an wenigen Messstellen, an der Feldaist,

der Kleinen und Großen Naarn, bzw. an der unteren Gusen waren die Spitzenabflüsse vom 7.-8. August größer (vgl. Abbildung 13 und Abbildung 19).

Besonders kritisch entwickelte sich wiederum die Situation im Aisttal. In der Nacht von Montag, dem 12. August 2002 auf Dienstag, den 13. August 2002 wurden die selben Teile Schwertbergs wie beim ersten Ereignis überflutet, nur dieses Mal stand Schwertberg noch tiefer unter Wasser. Der Spitzenabfluss bei Schwertberg/Aist vom 8. August ( $320 \text{ m}^3/\text{s}$ ) wurde mit  $330 \text{ m}^3/\text{s}$  am 13. August noch übertroffen.

Aber auch die anderen Gewässer im Mühlviertel führten große Hochwasser im Bereich von  $HQ_{100}$  und deutlich darüber. Lediglich die Abflüsse der Kleinen Mühl, der Kleinen und unteren Gusen bzw. einiger oberer Gewässerabschnitte wiesen Jährlichkeiten von nur  $HQ_{10-30}$  auf. In Abbildung 19 fällt auf, dass die Hochwasserabflüsse vom 12.-14. August 2002 an fast allen Gewässern des Mühlviertels in mehr oder weniger stark ausgeprägten dreigipfligen Wellen verliefen, wobei der Zeitpunkt des Auftretens der Abflussspitzen zeitlich stark variierte. An der Rodl und Großen Mühl traten die Spitzenabflüsse während der ersten Welle, an der Ranna während der zweiten Welle und an den Gewässern des unteren Mühlviertels während der dritten Welle auf. Dieses Phänomen ist auf den Einfluss der während des Ereignisses eingebetteten konvektiven Niederschläge zurückzuführen (vgl. Abbildung 20), die im Bereich des Mühlviertels mit hohen Intensitäten auftraten und sowohl räumlich als auch zeitlich stark variierten. So ist auch das „Auslassen“ der Kleinen Mühl zu erklären.

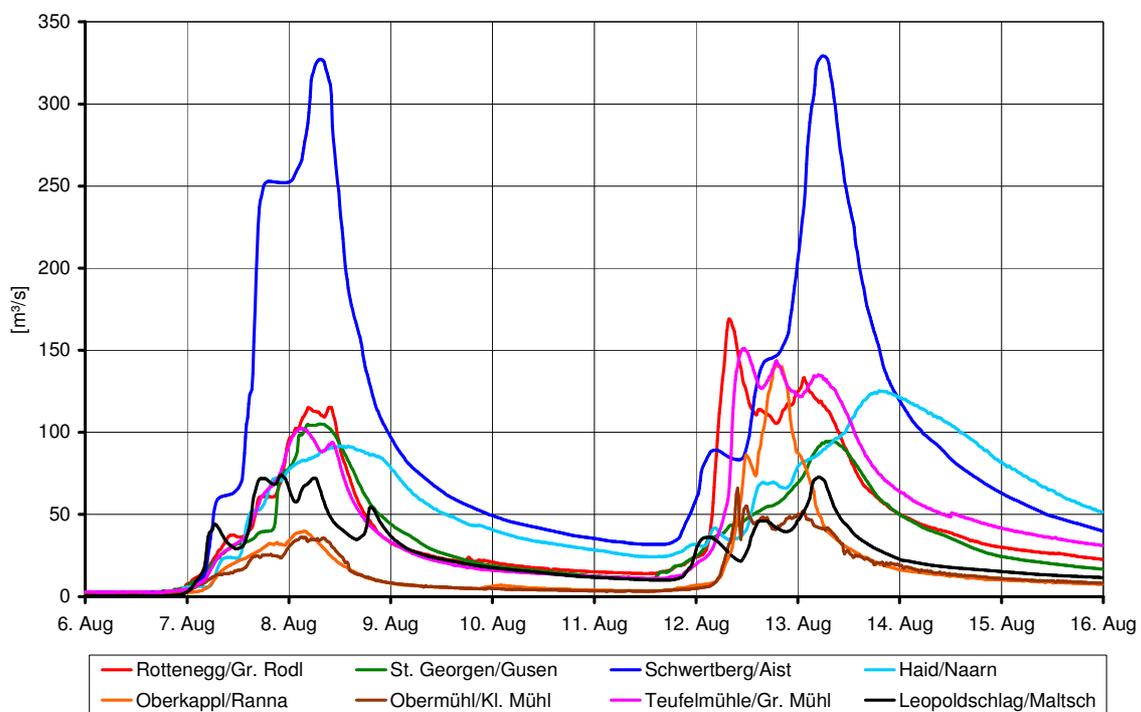


Abbildung 19: Hochwasserganglinien im Mühlviertel

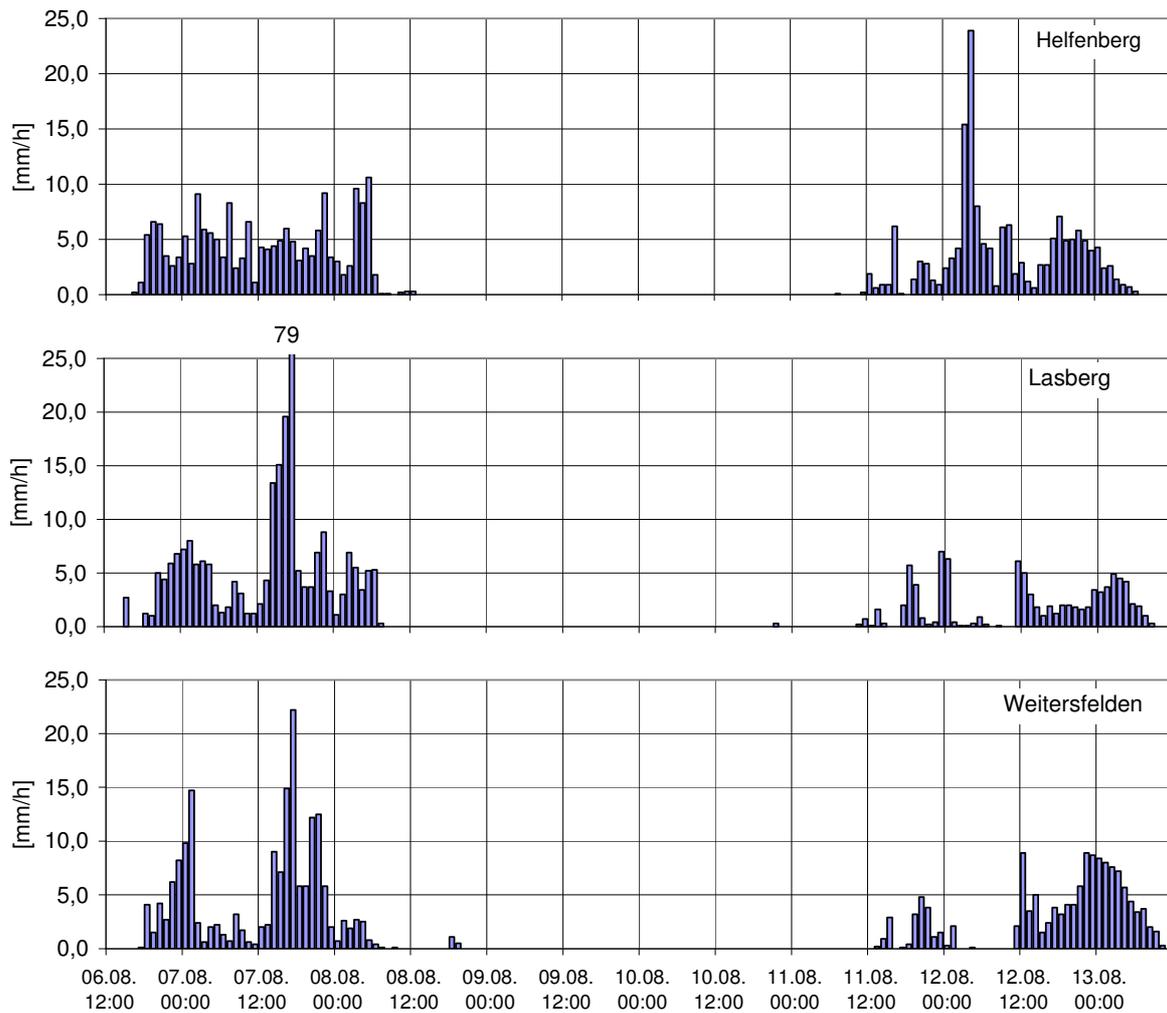


Abbildung 20: Verteilung der Niederschläge im Mühlviertel an den Stationen Helfenberg/Große Rodl, Lasberg/Feldaist, Weitersfelden/Waldaist

### 5.2.9 Ablauf des Hochwassers im Waldviertel

Am Vormittag des 12. August 2002 stellte sich die Situation im Bereich des Kamp/Waldviertel trotz starker Niederschläge als stabil dar. Die Abflussmenge im Bereich der Kampstauseen konnte weiterhin konstant gehalten werden, da ein Teil des Zuflusses durch die vorhandenen Reserven im Speicher Ottenstein zurückgehalten wurde.

Im Unterlauf des Kamps blieb die Situation weiterhin kritisch, weil der Wasserspiegel seit dem letzten Ereignis kaum zurückgegangen war. Im Laufe des Nachmittags spannte sich die Situation im Oberlauf des Kamps erneut an. Der anhaltende Niederschlag führte dazu, dass die steigenden Zuflüsse zum Stausee Ottenstein nicht mehr gepuffert werden konnten und die Abgabemenge sukzessive dem Zufluss angepasst werden musste.

Am 13. August 2002 stiegen die Pegelstände an der Donau dramatisch an. Der Höchststand der Donau wurde für die Zeit gegen Mitternacht prognostiziert. Auch in Gmünd stiegen

Lainsitz und Braunaubach noch immer. Besonders kritisch entwickelte sich die Lage in Teilen des Bezirkes Waidhofen/Thaya.

Auf Grund des hohen Zuflusses zu den Kamptalspeichern musste die Abgabemenge weiter erhöht werden. Die Experten rechneten daher für den Bereich Unterlauf des Kamps mit ähnlichen Auswirkungen wie einige Tage zuvor, insbesondere im Bereich der Gemeindegebiete von Etsdorf-Haitzendorf.

Bei den seit dem ersten Hochwasserereignis offenen Stellen des linken Kamp-Hochwasserschutzdammes erfolgten Wasseraustritte, die großflächige Überflutungen im Bereich der schon bisher betroffenen Ortschaften verursachten. Auch durch die vorhandenen Öffnungen des rechten Kamp-Hochwasserschutzdammes trat Wasser in das Brunner Feld aus. Gegen Abend verschärfte sich die Situation im Unterlauf des Kamps weiterhin, sodass die Überflutungen ein ähnliches Ausmaß wie am 8. August annahmen.

Am Abend des 13. August 2002 erreichte der Wasserstand beim Pegel Stiefen mit rd. 575 cm einen letzten Höchststand. Die Abflussspitze betrug rd. 500 m<sup>3</sup>/s. Das Hochwasser dehnte sich entlang des Donau-Hochwasserschutzdammes breitflächig in Richtung Osten aus, wodurch wiederum die schon bisher betroffenen Gebiete, aber auch Ortschaften rechtsufrig des Kamp-Hochwasserschutzdammes, insbesondere auch die Vororte von Krems erreicht wurden.

Am Mittwoch, dem 14. August 2002 betrug die Abflussmenge aus dem Stausee Ottenstein nur mehr die Hälfte des Höchstwertes vom Vortag. Die Situation im Kampmündungsbereich blieb jedoch unverändert kritisch. In Grafenwörth war die Situation ähnlich wie in der Woche zuvor. Aber auch in den Bereichen Altenwörth, Winkl, Bierbaum und Frauendorf spitzte sich im Laufe des Tages die Lage dramatisch zu. Kampwasser, das im Bereich von Grafenwörth aus dem Kampschutzdamm austrat, konnte auf Grund des hohen Donaupegels nicht abfließen und flutete die Ortschaften.

Am Donnerstag, dem 15. August 2002 entspannte sich die Lage im Mündungsbereich des Kamps etwas, da die Wasseraustritte aus dem Kamp durch den Rückgang des Zuflusses abnahmen. Durch die Öffnung eines Donauschutzdammes im Bereich von Winkl östlich von Grafenwörth war schon seit dem späten Nachmittag eine leichte Besserung im nördlichen Tullnerfeld zu beobachten. Die Pegelstände der Donau zeigten weiterhin fallende Tendenz. Auch im Oberlauf des Kamps war eine deutliche Beruhigung eingetreten, da die Zuflüsse zum Kamp weiter sanken.

### **5.2.10 Ablauf des Hochwassers an der Donau**

Bemerkenswert an dem Donauhochwasser im August 2002 ist, dass innerhalb von 5 Tagen zwei beträchtliche Flutwellen zu beobachten waren. Das zweite Ereignis übertraf im niederösterreichischen Donauabschnitt sogar die Katastrophenflut von 1954.

Das Donauhochwasser vom 12. bis 15. August ist auch deshalb außergewöhnlich, als es ganz gegen die Regel nicht durch eine eigentliche Innwelle, sondern durch die etwas später den unteren Inn durchlaufende Salzachwelle hervorgerufen wurde. Die Donau in Bayern erreichte sogar fast gleich hohe Wasserstände wie im Jahr 1899, auf denen dann die durch die Salzach geprägte Innwelle aufbauen konnte. In der oberösterreichischen Donautrecke lagen jedoch die Höchststände unter jenen von 1899 und 1954. Lediglich der Pegel Grein überschritt den Maximalwert aus dem Jahre 1899 um ca. 60 cm. Die Zuflüsse aus der Traun und Enns beeinflussten die Wasserführung der Donau maßgeblich, wie der rasche Anstieg der Hochwasserwelle der Donau am 12. August an der Messstelle Mauthausen in Abbildung 21 zeigt.

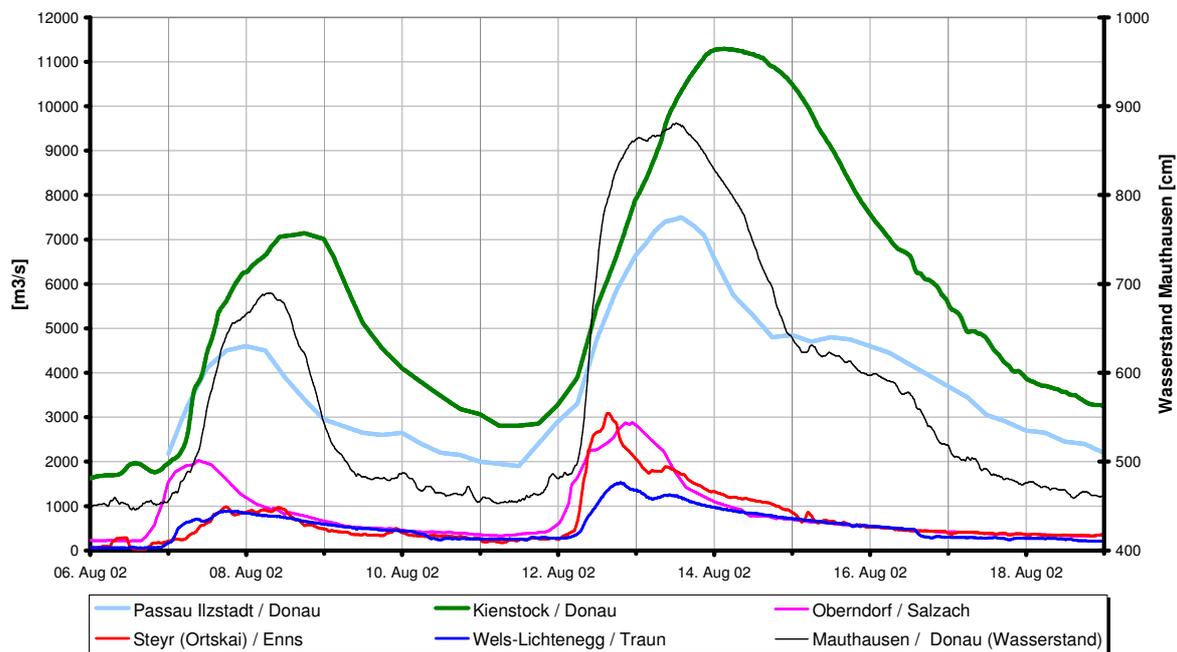


Abbildung 21: Abflussganglinien Passau/Donau, Kienstock/Donau, der Oberndorf/Salzach, Wels/Traun und Steyr/Enns, Wasserstandganglinie Mauthausen/Donau (vorläufige Daten)

Die Bedeutung des Zusammenspiels der Flutwellen aus den Teileinzugsgebieten geht besonders aus dem großen Einfluss der Alpenzubringer Traun und Enns hervor. Die benachbarte Lage der beiden Einzugsgebiete bedingt es, dass in der Regel das Durchflussmaximum in beiden Flüssen praktisch zeitgleich auftritt. Allgemein betrachtet können die Traun- und Ennswelle vor, mit oder nach der Hauptwelle der Donau den Strom erreichen. Meist lässt die Lage der beiden Flussgebiete den günstigen Fall eintreten, nämlich den frühzeitigen Ablauf der Traun- und Ennswelle. So war es auch beim aktuellen Hochwasser, allerdings betrug die Zeitdifferenz zwischen der Kulmination in der Donau und in der Traun und Enns nur ca. einen Tag, was sich auf die Hochwassersituation an der niederösterreichischen Donau negativ auswirkte. In Aschach wurde ein Spitzendurchfluss von ca. 6600 m³/s, beim Kraftwerk Ottensheim (oberhalb der Traummündung) von ca. 6730 m³/s und beim

Kraftwerk Abwinden (oberhalb der Ennsmündung) von ca. 8400 m<sup>3</sup>/s gemessen. Der Scheitel am Pegel Kienstock betrug ca. 11300 m<sup>3</sup>/s und wurde in der Nacht zum 14. August beobachtet. Der Durchfluss liegt damit etwas über dem Wert von 1954 und nur 100 m<sup>3</sup>/s unter dem Katastrophenhochwasser von 1862. Bedingt durch die Retention im Tullnerfeld reduzierte sich der Durchfluss in Wien am 14. August vormittags auf ca. 10200 m<sup>3</sup>/s (Abbildung 22). Trotzdem wurde im östlichen Stromabschnitt die Durchflussmenge von 1862 überschritten. Zum Zeitpunkt der Kulmination am 15. August um 16 Uhr sind in Hainburg an der Donau ca. 10200 m<sup>3</sup>/s abgeflossen.

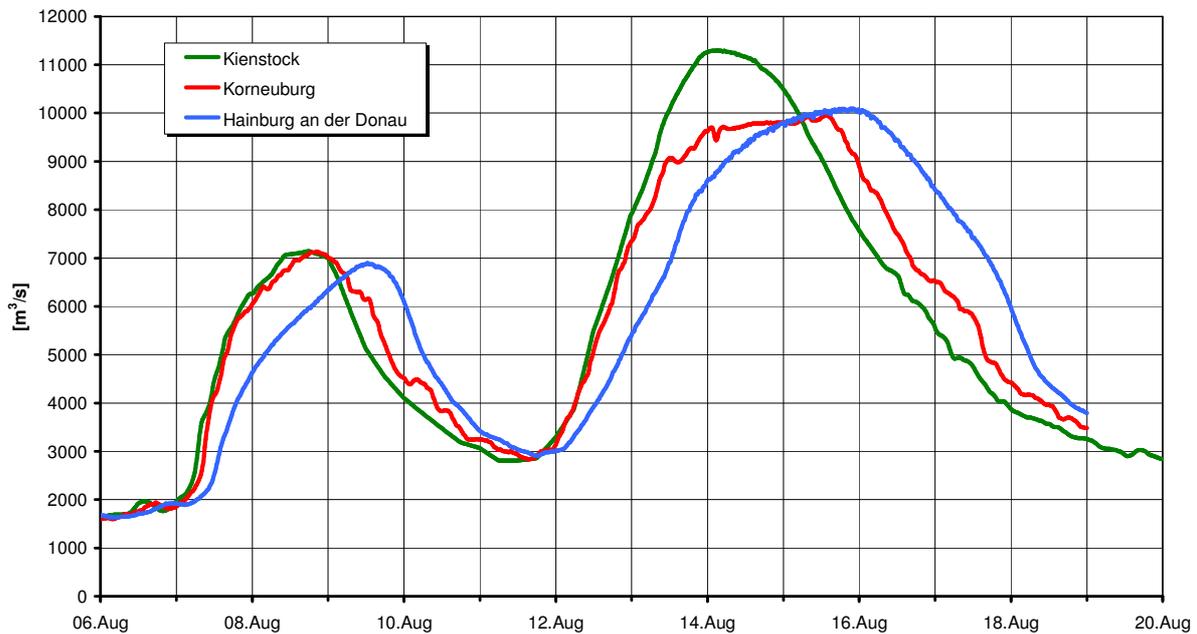


Abbildung 22: Abflussganglinien an der Donau ab Kienstock (vorläufige Daten)

### 5.2.11 Zusammenfassung (Karte der Jährlichkeiten)

Mit dem Hochwasser vom 11. bis 15. August lief nur wenige Tage nach dem Katastrophenhochwasser vom 6.-9. August ein zweites Extremereignis ab, bei dem noch größere Teile des Bundesgebietes betroffen waren. Bemerkenswert an diesem Ereignis war, dass die Hochwasserspitzen dabei nicht nur kleinräumig, sondern weit verbreitet von Vorarlberg im Westen bis nach Hainburg im Osten hohe Jährlichkeiten von 50 bis 100 Jahren und darüber aufwiesen. Bisher beobachtete Höchstwerte wurden häufig wieder erreicht und zum Teil sogar weit übertroffen. Die Abbildung 23 enthält eine zusammenfassende Darstellung der Jährlichkeit der Abflussspitzen an den wichtigsten Fließgewässern bzw. -abschnitten während des Hochwassers vom 11. bis 15. August 2002 entsprechend dem derzeitigen Stand der Auswertungen. Berücksichtigung fanden aus Gründen der Übersichtlichkeit nur Jährlichkeiten größer 10 Jahre.

An den wichtigsten Donauzubringern Salzach, Traun und Enns wurde ca. ein  $HQ_{100}$  erreicht. Die Abflüsse der oberen Krems und des Sulzbach wiesen eine Jährlichkeit von  $HQ_{140}$ , die Abflüsse der Krems bei Kremsdorf eine Jährlichkeit von ca.  $HQ_{200}$  und die Abflüsse der Alm ebenfalls Jährlichkeiten in dieser Größenordnung auf, während die Abflüsse der Steyr, dem wichtigsten Ennszubringer, nur ein wenig über  $HQ_{100}$  lagen.

Im Innviertel trat in Haging/Antiesen ein  $HQ_{100}$ , in Pramerdorf/Pram ein  $HQ_{100-130}$  und an der Aschach ein ca.  $HQ_{150}$  auf.

Im oberen und unteren Mühlviertel wurden an einigen Pegelstellen, in Oberkappel/Ranna, Vorderanger/Große Mühl und in Schwertberg/Aist wieder sehr große Jährlichkeiten erreicht, die sich auch in Größenordnungen von bis zu  $HQ_{1000}$  bewegen können. In Haid/Naarn trat ein ca.  $HQ_{200}$  auf.

Im oberen Kamptal erreichten die Abflüsse bei Zwettl/Kamp eine Jährlichkeit von  $HQ_{500}$ , die im weiteren Verlauf bis Stiefern/Kamp auf  $HQ_{100}$  abnahm.

Statistisch sind die Abflüsse im oberösterreichischen Donauabschnitt oberhalb der Traunmündung im Bereich eines 15- bis 20-jährlichen Hochwassers und zwischen Traun- und Ennsmündung als 30-jährliches Hochwasser einzuordnen. Die Zuflüsse von Traun und Enns bewirkten unterhalb der Ennsmündung bis Wien eine Hochwasserwelle mit 100-jährlichem Scheitelwert, welche unterhalb von Wien bis Bratislava abnehmend bis auf ein 80-jährliches Ereignis eingestuft wird.

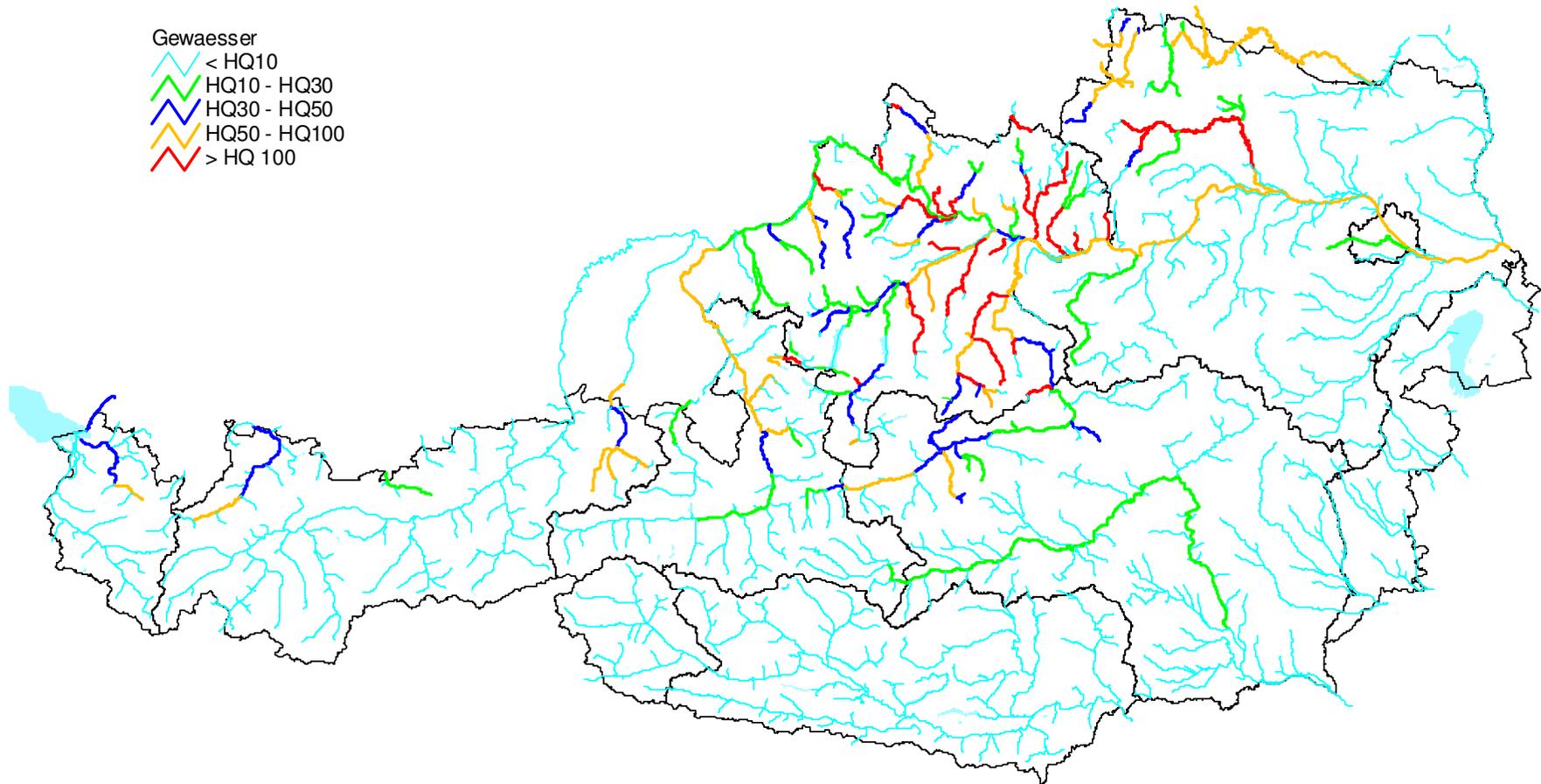


Abbildung 23: Übersicht der Jährlichkeiten beim Hochwasser vom 11.-15. August 2002

## 6 Die Hochwasserereignisse im November 2002

### 6.1 Hochwasser am Rhein 16./17. November

In Vorarlberg war die Zahl der Tage mit Niederschlag im November überdurchschnittlich. Die Monatssumme des Niederschlages betrug bis zum Dreifachen des Normalwertes. Gleichzeitig herrschten auch überdurchschnittliche Lufttemperaturen. Vielfach war der November um 2 Grad zu warm.

Infolge der immer wieder ergiebigen Niederschläge seit Monatsbeginn und der hohen Temperaturen kam es am 16./17. November am Alpenrhein (Pegel Lustenau) zu einem 5-jährlichen Hochwasserereignis. Die Hochwasserspitze von 1885 m<sup>3</sup>/s ist zwar für den Rhein an sich nichts Ungewöhnliches, seit 1951 wurde jedoch in dieser Jahreszeit noch kein Abflussereignis dieser Größe beobachtet (siehe Abbildung 7).

Der Wasserstand des Bodensees war für November außergewöhnlich hoch. Vom 16. bis 19. November wurden neue Höchststände seit Aufnahme der täglichen Messungen beim Pegel Bregenz-Hafen im Jahre 1864 verzeichnet.

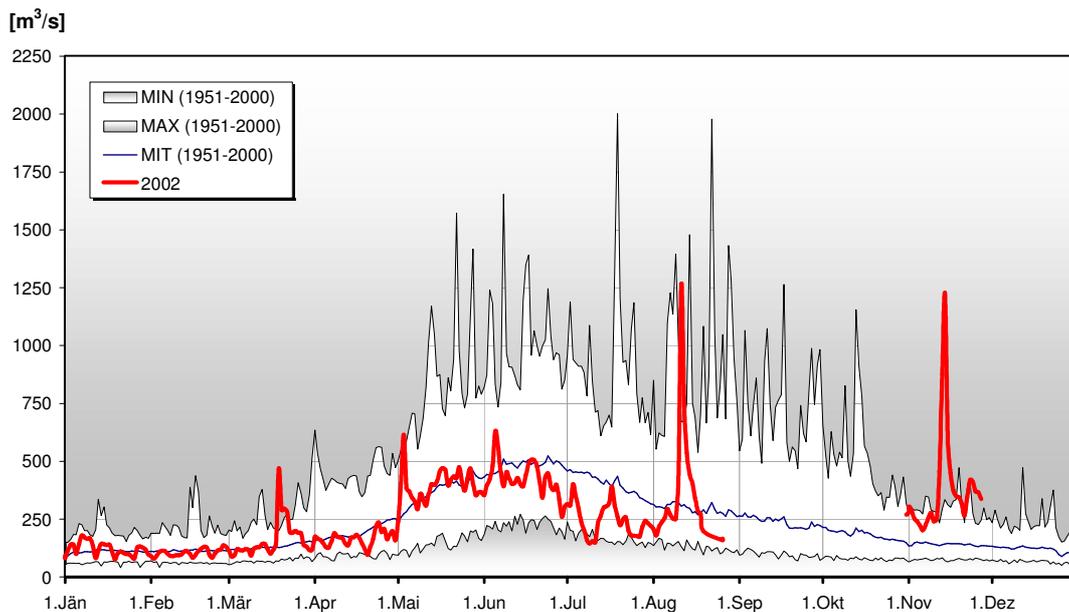


Abbildung 24: Tagesmittelwerte Durchfluss an der Messstelle Lustenau/Rhein 2002, im Vergleich mit den Beobachtungen seit 1951

### 6.2 Hochwasser an der Gail

Die infolge eines Genuatiefs (siehe Abbildung 25) hohen Niederschlagssummen vom 14.-26. November 2002 haben in Oberkärnten, vor allem an der Gail, am 26.-27. November zu einer Hochwassersituation geführt. Die Niederschläge vom 14.-26. November 2002 im Bereich Gailtal und Oberes Drautal sind beträchtlich. Im Gail und Lesachtal liegen sie zwischen 400 und 526 mm und entsprechen ca. der vierfachen Menge der Monatsmittel im

November. Der Höchstwert wurde am Plöckenpaß mit 912 mm in 12 Tagen gemessen. Das entspricht in etwa dem Jahresmittel für den Raum Klagenfurt.

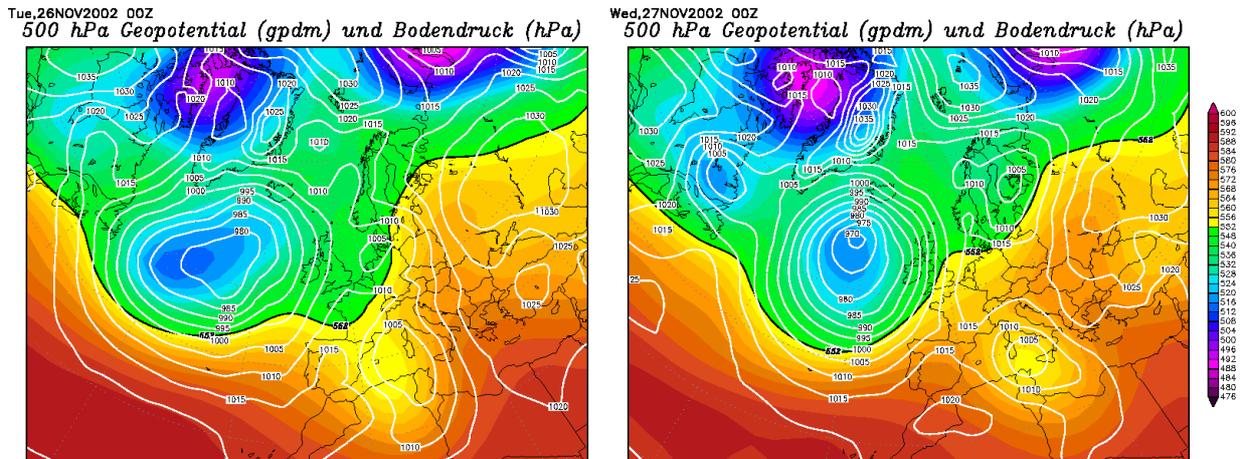


Abbildung 25: Bodendruck und 500 hPa Geopotentiallinie am 26. und 27. November 2002 (Quelle: <http://www.wetter-zentrale.de>)

Am 25.-26. November fielen auf den bereits gesättigten Untergrund Niederschläge einer höheren Intensität von z.B. 50 mm in 6 Stunden in Kötschach-Mauthen, wodurch eine Verschärfung der Hochwassersituation an der Gail eintrat.

An sämtlichen Pegeln der Gail kam es im Laufe des 26. November zu Ausuferungen. Die Höchstwasserstände wurden an allen Pegeln am Abend des 26. November bzw. in der Nacht vom 26.-27. November erreicht. Der Schwerpunkt des Hochwassergeschehens war bei Rattendorf/Gail zu verzeichnen (Abbildung 26). Die Jährlichkeit des Abflusses von ca. 430 m<sup>3</sup>/s kann dort mit ca. HQ<sub>15</sub> angegeben werden. Der auf ein HQ<sub>15</sub> ausgebaute Schutzdamm wurde bei der rechtsufrig gelegenen Ortschaft Stranig auf einer Länge von 150 bis 250 m überströmt und ist in weiterer Folge linksufrig gebrochen. Rechtsufrig hielt der Damm stand. Mit entscheidend dafür war, dass am Abend des 26. November die Niederschläge deutlich geringer wurden und der Höchstwasserstand die Dammkrone nicht überschritt.

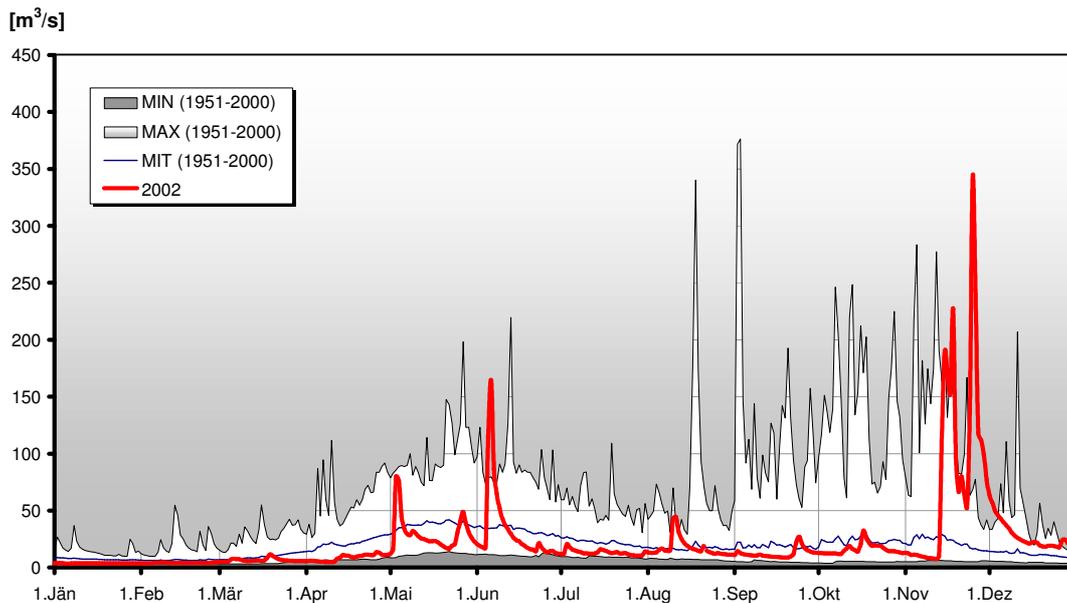


Abbildung 26: Tagesmittelwerte des Durchflusses am Pegel Rattendorf/Gail 2002 im Vergleich mit den Beobachtungen seit 1951

Durch die Anfüllung des Retentionsraums ist der Wasserstand des Presseger Sees ebenfalls stark gestiegen. An der Drau wurde lediglich am Pegel Drauhofen die Hochwassermarken am 26. November gegen 18 Uhr erreicht.

## 7 Das Hochwasserereignis vom 6.-7. Dezember 2002 in der Weststeiermark

Ab dem 2. bis zum 6. Dezember bestimmte ein Italtief das Wetter in Österreich. Es fielen verbreitet Niederschläge, die in Vorarlberg und Tirol gering, in Kärnten und besonders in der Steiermark zeitweise aber sehr ergiebig waren. Die Schneefallgrenze lag meist zwischen 300 und 1100 m. Am 6. Dezember begann kältere Luft aus Nordost einzufließen. Ab dem 7. verlor das Italtief allmählich seinen Einfluss auf das Wettergeschehen in Österreich.

In der westlichen Steiermark fielen vom 4. bis zum 7. Dezember zwischen 85 mm (Station Voitsberg) und 175 mm (Station Absetzwirt) Niederschlag. Die stärksten Niederschläge ereigneten sich vom 4. bis 6. Dezember, ab den Abendstunden des 6. Dezember nahmen sie deutlich ab.

An fast sämtlichen weststeirischen Fließgewässern kam es daraufhin zu einer Hochwassersituation. Die Hochwasserscheitel wurden am 6. Dezember beobachtet. Die Jährlichkeiten der Spitzenabflüsse lagen zwischen  $HQ_1$  und  $HQ_6$ . Diese Hochwasserabflüsse bewirkten auch an der Mur unterhalb von Graz eine erhöhte Wasserführung, am Pegel Mureck wurde ein Spitzenabfluss der Jährlichkeit  $HQ_{1-2}$  registriert.

Ergiebige Niederschläge im Herbst sind für den Süden Österreich nichts Ungewöhnliches, Italiertiefs sind häufige Wetterlagen. Das Abflussregime der Fließgewässer zeigt oft ein lokales Maximum in den Monaten September bis November, zum Teil liegen sogar die Jahresmaxima in dieser Zeit. Analysiert man für die Messstellen in der Weststeiermark die bisherigen Beobachtungsreihen, so kommen Hochwasserscheitelwerte, wie sie am 6. Dezember registriert wurden, durchaus auch noch im November vor (siehe Tabelle 6). Dagegen liegen die bisher beobachteten Höchstwerte für den Monat Dezember meist deutlich unter den November-Hochwassern.

Tabelle 6: Vergleich der HQ vom 6. Dezember 2002 mit Monats-HQ der Beobachtungsreihe für ausgewählte Messstellen in der Weststeiermark

Messstelle	HQ am	HQ(T)	Reihe	HQ (Monat) der Reihe			
	6.12.02			Sept	Okt	Nov	Dez
	[m <sup>3</sup> /s]			[m <sup>3</sup> /s]	[m <sup>3</sup> /s]	[m <sup>3</sup> /s]	[m <sup>3</sup> /s]
Voitsberg/Kainach	29	HQ <sub>1</sub>	1976-2000	42,6	138	26,6	18,4
Lieboch/Kainach	162	HQ <sub>2-3</sub>	1951-2000	252	320	163	113
Tillmitsch/Lassnitz	144	HQ <sub>4</sub>	1976-2000	159	148	131	81,6
Leibnitz/Sulm	313	HQ <sub>6</sub>	1951-2000	327	343	350	200
Güндorf/Saggau	137	HQ <sub>6-7</sub>	1982-2000	126	83,9	86,9	102

## 8 Schlussfolgerung

Aufgrund der Hochwasserereignisse im August und der dadurch ausgelösten enormen Überflutungsschäden wird das Jahr 2002 in der Hochwasserchronik des Landes einen besonderen Platz einnehmen. Die Vergangenheit zeigt aber auch, dass derartige Ereignisse innerhalb weniger Jahre in Vergessenheit geraten und wichtige Fragen im Zusammenhang mit dem Hochwasserablauf unbeantwortet bleiben. Die Variabilität meteorologischer und hydrologischer Prozesse garantiert jedoch, dass außergewöhnliche Ereignisse immer wieder auftreten werden. Die objektive Analyse und Dokumentation ist im Zusammenhang mit einem funktionierenden, kontinuierlichen Messnetz eine entscheidende Grundlage für die Beantwortung der im Kontext eines Hochwassers wichtigen hydrologischen Fragestellungen. Unmittelbar nach dem Ereignis im August hat die Abteilung Wasserhaushalt im BMLFUW einen ersten Situationsbericht im Internet veröffentlicht ([www.lebensministerium.at](http://www.lebensministerium.at)), der in der Zwischenzeit ergänzt wurde. Auf Initiative der Universität für Bodenkultur / ZENAR – Zentrum für Naturgefahren und Risikomanagement wurde im Jahr 2003 eine Ereignisdokumentation „Hochwasser August 2002“ in Zusammenarbeit mit dem BMLFUW veröffentlicht. Eine weitere Analyse wird derzeit im Rahmen des interdisziplinären Projektes

„Flood Risk“ unter Leitung der Sektion Wasser im BMLFUW in Auftrag gegeben, deren Ergebnisse im Jahr 2004 vorliegen werden. Es bleibt zu hoffen, dass dadurch die Sensibilität der Öffentlichkeit hinsichtlich der jederzeit möglichen Hochwassergefahren aufrecht erhalten werden kann und Maßnahmen zur Vorkehrung längerfristig ihre Wirkung haben werden.

## **Quellen:**

[www.tirol.gv.at/wasserstand](http://www.tirol.gv.at/wasserstand)

[www.salzburg.gv.at/themen/nuw/wasserwirtschaft](http://www.salzburg.gv.at/themen/nuw/wasserwirtschaft)

Interner Hochwasserbericht des Hydrographischen Dienstes für Vorarlberg (R. Grabher)

Interner Hochwasserbericht des Hydrographischen Dienstes für die Steiermark (R. Schatzl, W. Verwüster)

Interne Auswertungen des Hydrographischen Dienstes für Niederösterreich (Chr. Krammer)

Interne Auswertungen des Hydrographischen Dienstes für Oberösterreich (G. Lindner, C. Wakolbinger, M. Wimmer)

Interne Auswertungen der Wasserstraßendirektion (Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie – Abteilung 5 Wasserwirtschaft) (W. Kobath, W. Bors)

## **Links zu Hydrographischen Landesdiensten mit Online Wasserstandsinformationen:**

[http://www.vorarlberg.at/vorarlberg/umwelt\\_zukunft/umwelt/landeswasserbauamt/start.htm](http://www.vorarlberg.at/vorarlberg/umwelt_zukunft/umwelt/landeswasserbauamt/start.htm)

<http://www.tirol.gv.at/themen/umwelt/wasser/wasserkreislauf/wasserstand/hwpegel.shtml>

<http://www.salzburg.gv.at/themen/nuw/wasserwirtschaft/64-hydrographie.htm>

<http://www.wasser.ktn.gv.at/>

<http://www.ooe.gv.at/hydro/>

<http://www.noel.gv.at/SERVICE/WA/wa5/hm/wnd.htm>

<http://www.wasserwirtschaft.steiermark.at/cms/ziel/202358/DE/>

## **Anschrift der Verfasser:**

Reinhold Godina, Petra Lalk, Peter Lorenz, Gabriele Müller, Viktor Weilguni

Bundesministerium für Land und Forstwirtschaft,

Umwelt und Wasserwirtschaft

Abteilung VII/3 (Wasserhaushalt – HZB)

Marxergasse 2

1030 Wien

E-Mail: [wasserhaushalt@bmlfuw.gv.at](mailto:wasserhaushalt@bmlfuw.gv.at)

Internet: [www.lebensministerium.at](http://www.lebensministerium.at)



# Saisonalität hydrologischer Größen in Österreich

Ralf Merz und Günter Blöschl

## Einleitung

Die Analyse der Saisonalität, also der Verteilung innerhalb eines Jahres, hydrologischer Größen erlaubt wertvolle Aufschlüsse über die wirksamen hydrologischen Prozesse. Eine Häufung der Niederschlagssummen im Sommer bzw. Herbst lässt auf unterschiedliche klimatologische Situationen schließen. Ebenso erlaubt die Saisonalität des mittleren Abflusses, also das Abflussregime, einen Rückschluss auf das hydrologische Verhalten von Gebieten in Hinblick auf den Beitrag von Regen, Schnee und Verdunstung, besonders wenn ein Vergleich mit der Saisonalität des Niederschlags angestellt wird (Weingartner, 1999; Laaha und Blöschl, 2003). Ähnliches gilt für Extremwerte. Heftige Sommerniederschläge sind oft konvektiven Ursprungs. Sommerhochwässer sind meist ausschließlich auf Niederschlag unterschiedlicher Dauer zurückzuführen, Winterhochwässer treten oft zufolge von Regen auf eine vorhandene Schneedecke auf, und auch Schneeschmelzhochwässer können mit Hilfe von Saisonalitätsanalysen eingeordnet werden. Ein Vergleich der Saisonalität von Hochwässern mit der Saisonalität anderer hydrologischer Größen ermöglicht zusätzliche Prozessaussagen, etwa über die mittlere Abflussbereitschaft während Hochwässern. Derartige Prozessüberlegungen erleichtern es, zuverlässige hydrologische Aussagen auf regionaler Ebene zu treffen, insbesondere für Gebiete ohne oder mit kurzen Abflussbeobachtungen, sowie bei Extrapolation von Hochwässern für seltene Ereignisse. In dieser Arbeit wurde die Saisonalität der Monatsniederschläge, der maximalen jährlichen Tagesniederschläge, der Monatsabflüsse und der Jahreshöchsthochwässer in Österreich untersucht. In BMLFUW (2003; Kartenblatt 5.3) sind die Saisonalitätskenngrößen in einer detaillierteren Karte dargestellt.

## Datengrundlage

Für die Saisonalitätsuntersuchungen wurden die folgenden, vom Hydrographischen Zentralbüro bereitgestellten Datengrundlagen verwendet: (a) die Monatsniederschläge in Österreich; (b) die maximalen jährlichen Tagesniederschläge einschließlich Auftretensdatum; (c) die mittleren Monatsabflüsse; und (d) die Jahreshöchsthochwässer (d.h. der maximale jährliche Durchfluss als Scheitelwert) einschließlich Auftretensdatum. Alle Daten wurden gründlichen Plausibilitätskontrollen unterzogen und, wo eine Korrektur zuverlässig möglich war, korrigiert. Als stark anthropogen beeinflusst eingeschätzte Pegel wurden nicht

verwendet. Für die Jahreshöchsthochwässer wurden die gleichen Daten wie in Merz und Blöschl (2003) verwendet. Damit stand für die Saisonalitätsuntersuchungen der in Tabelle 1 charakterisierte Datensatz zur Verfügung.

Karte	Max. Reihenzahl	Anzahl der Stationen
Monatsniederschläge	1951-1997	1111
Maximale jährliche Tagesniederschläge	1901-1997	1111
mittlere Monatsabflüsse	1951-1997	667
Jahreshöchsthochwässer	1951-1997	667

Tabelle 1: Für die Saisonalitätsdarstellungen verwendete hydrologische Daten.

## Berechnung und Interpolation der Saisonalitätsparameter

Für die Monatswerte der hydrologischen Variablen (Monatsniederschläge, mittlere Monatsabflüsse) und für die Extremwerte (maximale jährliche Tagesniederschläge, Jahreshöchsthochwässer) wurden unterschiedliche Kenngrößen zur Beschreibung der Saisonalität eingeführt.

Die Saisonalität der mittleren Monatsabflüsse wurde mittels des Pardé Koeffizienten (Pardé, 1920, 1947) quantifiziert. Für einen Monat  $i$  zwischen 1 und 12 ist

$$Pk_i = \frac{12}{n} \frac{\sum_{j=1}^n Q_{ij}}{\sum_{i=1}^{12} Q_{ij}} \quad (1)$$

wobei  $Q_{ij}$  der mittlere monatliche Abfluss im Monat  $i$  und Jahr  $j$ , und  $n$  die Anzahl der Jahre der Abflussreihe sind. Der maximale Pardé Koeffizient

$$Pk = \max(Pk_i) \quad (2)$$

der 12 Monate wurde untersucht sowie der Monat  $i_{max}$ , in dem  $Pk$  aufgetreten ist. Werte für  $Pk$  liegen zwischen 1 (ausgeglichener Abfluss innerhalb eines Jahres) und 12 (der gesamte Abfluss tritt im Monat  $i_{max}$  auf, Abbildung 1). Die Saisonalität der Monatsniederschläge wurde analog bestimmt.

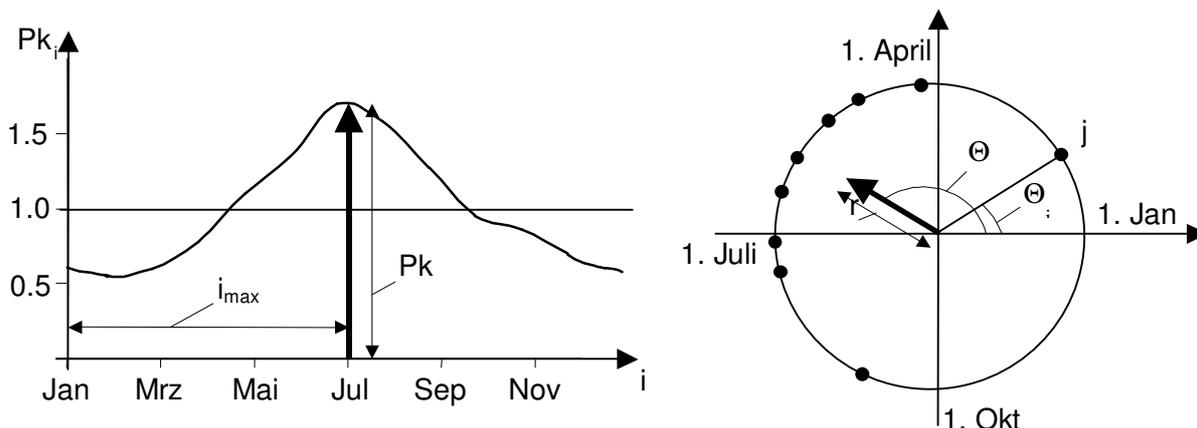


Abb. 1: Links: Definition der Maßzahlen für die Saisonalität von Monatswerten,  
Rechts: Definition der Maßzahlen für die Saisonalität von maximalen Jahreswerten

Die Saisonalität der Jahreshöchsthochwässer wurde mittels des Ansatzes von Burn (1997) quantifiziert, der auf einem Vorschlag von Reed (1994) aufbaut. Nach diesem Ansatz wird  $D_j$  als das Julianische Datum des Auftretens des Hochwasserscheitels in Jahr  $j$  definiert, wobei  $D_j = 1$  für den 1. Jänner und  $D_j = 365$  für den 31. Dezember steht.  $D_j$  kann nun in Polarkoordinaten auf dem Einheitskreis durch den Winkel

$$\Theta_j = \frac{D_j \cdot 2\pi}{365} \tag{3}$$

dargestellt werden (Abbildung 1). Die Richtung  $\Theta$  des mittleren Vektors für alle Ereignisse eines Einzugsgebietes entspricht dem mittleren Auftretensdatum. Die Länge  $r$  des mittleren Vektors ist ein Maß für die Variabilität des Auftretensdatums.

$$x_\Theta = \frac{1}{n} \sum_j \cos(\Theta_j) \tag{4}$$

$$y_\Theta = \frac{1}{n} \sum_j \sin(\Theta_j)$$

$$\Theta = \arctan\left(\frac{y_\Theta}{x_\Theta}\right) \quad \text{für } x > 0 \tag{5}$$

$$\Theta = \arctan\left(\frac{y_\Theta}{x_\Theta}\right) + \pi \quad \text{für } x < 0$$

$$r = \sqrt{x_\Theta^2 + y_\Theta^2} \tag{6}$$

Werte für  $r$  liegen zwischen 0 (die Hochwässer treten gleichmäßig während des ganzen Jahres auf) und 1 (alle Hochwässer treten zu einem einzigen Datum auf). Die Vektoren wurden wieder für alle Pegel berechnet. Die Saisonalität der maximalen jährlichen Tagesniederschläge wurde analog bestimmt.

Die Saisonalitätsparameter sind in Abbildung 2 und 4 als Vektorkarten dargestellt, indem an jeder Station der durch  $(i_{max}, Pk)$  bzw.  $(\Theta, r)$  definierte Vektor gezeichnet wurde (Merz et al., 1999; Piock-Ellena et al., 2000). Für viele Untersuchungen ist besonders das Verhalten der größten Werte einer beobachteten Reihe von Interesse. Hierzu wurden analog zur Saisonalitätsanalyse in Abbildung 4 die Saisonalitätsparameter der maximalen jährlichen Tagesniederschläge und der Jahreshöchsthochwässer für jeweils nur die drei größten Werte der beobachteten Reihe berechnet und in Abbildung 6 als Vektorkarten dargestellt.

Für eine flächendeckende Darstellung wurden die Saisonalitätsparameter räumlich interpoliert. Bei den beiden abflussbezogenen Karten wurden nur Gebiete mit Flächen  $> 5000 \text{ km}^2$  interpoliert. Die Saisonalität größerer Gebiete ist in Tabelle 2 angegeben. Die Vorgangsweise der Interpolation wurde wie folgt gewählt:

Interpoliert wurde vorerst die Intensität der Saisonalität (d.h.  $Pk$  bzw.  $r$ ). Dafür wurde als Interpolationsverfahren Ordinary Kriging gewählt. Je nach Reihenlänge sind die Saisonalitätsparameter unterschiedlich zuverlässig. Es ist daher wünschenswert, dass längere Reihen stärker in die interpolierten Werte einfließen, als kurze Reihen. Das wurde dadurch ermöglicht, dass in der Kriginggleichung (Gl. 7) der sogenannte Messfehler  $\sigma_k^2$  für jede Station  $k$  unterschiedlich eingeführt wurde (siehe z. B. de Marsily, 1986, Seite 300). Die Kriginggleichungen für ein Pixel  $0$  lauten somit:

$$\sum_{l=1}^m (\lambda_0^l \gamma(\underline{x}_k - \underline{x}_l)) - \lambda_0^k \sigma_k^2 + \mu = \gamma(\underline{x}_k - \underline{x}_0) \quad \text{für alle } k = 1, \dots, m \quad (7)$$

$$\sum_{k=1}^m \lambda_0^k = 1 \quad (8)$$

$m$  ist die Anzahl der Stationen,  $\underline{x}_k$  und  $\underline{x}_l$  sind die Koordinaten der Stationen  $k$  und  $l$ , und  $\underline{x}_0$  sind die Koordinaten des Pixels  $0$ . Der interpolierte Pardé Koeffizient für Pixel  $0$  ist dann:

$$Pk_0 = \sum_{k=1}^m \lambda_0^k Pk_k \quad (9)$$

Der Messfehler  $\sigma_k^2$  spiegelt die Unsicherheit der Intensität der Saisonalität zufolge kurzer Reihenlänge wider und wurde deshalb als Funktion der Reihenlänge angesetzt:

$$\sigma_k^2 = \frac{\alpha}{n_k} \quad (10)$$

HZB-Nr	Pegel	Gewässer	Fläche (km <sup>2</sup> )	$i_{\max}$	$Pk$	$\Theta$ (°)	$r$	$\Theta_{\max}$ (°)	$r_{\max}$
207035	Wst. KW Aschach	Donau	78190	6	1.35	187	0.50	209	0.99
207068	Linz	Donau	79490	6	1.47	185	0.48	144	0.61
207126	Ybbs a.d. Donau	Donau	92464	6	1.12	188	0.65	192	0.95
207134	Melk	Donau	94813	6	1.34	204	0.35	209	0.99
207357	Kienstock	Donau	95970	6	1.34	205	0.35	209	0.99
207142	Stein-Krems	Donau	96045	6	1.47	179	0.48	177	0.98
207167	Tulln	Donau	100013	6	1.34	190	0.41	193	0.95
207175	Greifenstein	Donau	100344	6	1.22	185	0.37	208	1.00
207381	Wien Reichsbr.	Donau	101731	6	1.30	208	0.26	193	0.95
207191	Wien	Donau mit Donauk.	101731	6	1.41	190	0.44	195	0.98
207274	Hainburg/Donau	Donau	104178	6	1.33	208	0.29	210	0.99
207399	Bratislava	Donau	131244	6	1.31	234	0.23	211	0.99
207282	Wolfsthal	Donau	131411	7	1.29	209	0.34	169	0.59
212571	Villach	Drau	5266	6	2.21	187	0.80	212	0.82
212845	Annabrücke	Drau	7566	6	1.89	183	0.56	212	0.82
205922	Steyr (Ortskai)	Enns	5915	5	1.86	181	0.51	200	0.97
205930	Enns	Enns	6071	5	1.91	172	0.55	217	0.42
201459	Magerbach	Inn	5119	6	2.35	181	0.88	222	0.91
230078	Telfs	Inn	5290	7	2.24	181	0.93	179	0.97
201525	Innsbruck	Inn	5792	6	2.30	181	0.88	222	0.91
201681	Jenbach-Rotholz	Inn	7231	7	2.11	185	0.91	192	0.94
201806	Brixlegg	Inn	8504	7	2.02	183	0.91	192	0.94
201889	Kirchbichl	Inn	9310	6	2.10	184	0.90	192	0.94
230102	Oberaudorf	Inn	9712	7	1.97	180	0.96	203	0.99
207308	Hohenau/March	March	24138	4	1.86	110	0.65	142	0.71
207324	Angern/March	March	25624	4	1.81	93	0.60	150	0.52
211292	Bruck Unter Mürz	Mur	6214	5	1.98	167	0.69	228	0.71
211300	Frohnleiten	Mur	6548	5	1.92	179	0.57	218	0.99
211763	Friesach	Mur	6792	5	1.81	191	0.51	223	0.69
211573	Graz	Mur mit Mühlkanal	6989	5	1.88	170	0.60	213	0.97
211870	Mellach	Mur mit Mühlkanal	7296	5	1.75	178	0.43	225	0.71
211367	Wildon	Mur mit Mühlkanal	8148	5	1.95	158	0.68	166	0.90
211375	Landscha / Mur	Mur	8340	5	1.73	189	0.59	211	0.97
211581	Spielfeld	Mur mit Mühlkanal	9480	5	1.64	240	0.59	268	0.49
211490	Mureck Schreibp.	Mur	9770	5	1.63	197	0.53	210	0.63
200196	Lustenau	Rhein	6110	6	2.10	197	0.82	194	0.87
203539	Oberndorf bei Sbg	Salzach	6120	6	1.75	192	0.71	198	0.96

Tabelle 2: Saisonalitätsparameter der Monatsabflüsse ( $i_{\max}$ ,  $Pk$ ), der Jahreshöchsthochwässer ( $\Theta$ ,  $r$ ) und der drei größten Jahreshöchsthochwässer in jeder Beobachtungsreihe ( $\Theta_{\max}$ ,  $r_{\max}$ ) für Gebiete mit Flächen > 5000 km<sup>2</sup>.

wobei  $n_k$  die Reihenzahl der Station  $k$  ist.  $\alpha$  wurde aus Testläufen zu 1 ermittelt. Durch diese Vorgangsweise erhalten Stationen mit kurzer Reihenzahl ein geringeres Gewicht bei

der Interpolation als Stationen mit langer Reihenlänge. Auf Basis der Analyse des experimentellen Variogramms wurde für die Interpolation ein exponentielles Variogramm gewählt:

$$\gamma = \sigma_e^2 + (\sigma^2 - \sigma_e^2) \cdot \exp(-h/a) \quad (11)$$

mit der Korrelationslänge  $a = 20$  km, dem Sill  $\sigma^2$  gleich der räumlichen Varianz und dem Nugget  $\sigma_e^2 = 0.25 \cdot \sigma^2$ .  $h$  in Gl. 11 bedeutet die räumliche Distanz zweier Punkte. Die Intensität der Saisonalität,  $P_k$ , wurde nun für alle Variablen auf ein 1 km Raster interpoliert. Für die Karten der Extremwerte wurde  $r$  analog interpoliert mit der gleichen Korrelationslänge.

Zu interpolieren war zweitens der Zeitpunkt der Saisonalität (d.h.  $i_{max}$  bzw.  $\Theta$ ). Bei dem Zeitpunkt handelt es sich um eine zyklische Variable. Der 1. Jänner ist Tag 1, der 31. Dezember ist Tag 365, aber der 1. Jänner des Folgejahres ist wieder Tag 1. Das Interpolationsverfahren ist deshalb so zu formulieren, dass zwischen dem 1. Jänner und dem 31. Dezember nur ein Tag Differenz (statt nominal  $365-1=364$  Tage) eingeführt wird. Dies wurde folgendermaßen erzielt: Der Zeitpunkt wurde als Winkel ausgedrückt, d.h.

$$\varphi = \frac{i_{max} \cdot 2\pi}{365} \quad (12)$$

für die Saisonalität der Monatswerte. Bei der Saisonalität der Extremwerte ist der Zeitpunkt bereits als Winkel  $\Theta$  ausgedrückt. Der Winkel ( $\varphi$  bzw.  $\Theta$ ) wurde nun in zwei Komponenten mittels der Winkelfunktionen Sinus und Cosinus aufgespaltet. Die beiden Winkelkomponenten wurden mit Ordinary Kriging getrennt interpoliert. Es wurden wieder für jede Station unterschiedliche Gewichte eingeführt. Stationen mit geringer Intensität der Saisonalität erhielten weniger Gewicht als Stationen mit ausgeprägter Saisonalität, da bei Stationen mit geringer Intensität der Zeitpunkt des Maximums eher zufällig ist. Formuliert wurde dies wieder als sogenannter Messfehler in der Kriginggleichung (Gl. 7) mit dem folgenden Ansatz:

$$\sigma_k^2 = \beta_r \cdot (I_r - r)^2 \quad (13)$$

für die Saisonalität der Extremwerte, bzw.

$$\sigma_k^2 = \beta_{Pk} \cdot (I_{Pk} - Pk)^2 \quad (14)$$

für die Saisonalität der Monatswerte. Die Parameter wurden aus Testläufen zu  $I_r = 1$ ,  $I_{Pk} = 6$  und  $\beta_r = \beta_{Pk} = 1$  ermittelt. Auf Basis der Analyse des experimentellen Variogramms wurde für die Interpolation ein exponentielles Variogramm (Gl. 11) mit der Korrelationslänge  $a = 20$  km, dem Sill  $\sigma^2$  gleich der räumlichen Varianz und dem Nugget

$\sigma_e^2 = 0.25 \cdot \sigma^2$  gewählt. Die Winkelkomponenten  $\sin(\varphi)$  und  $\cos(\varphi)$  wurden nun für alle

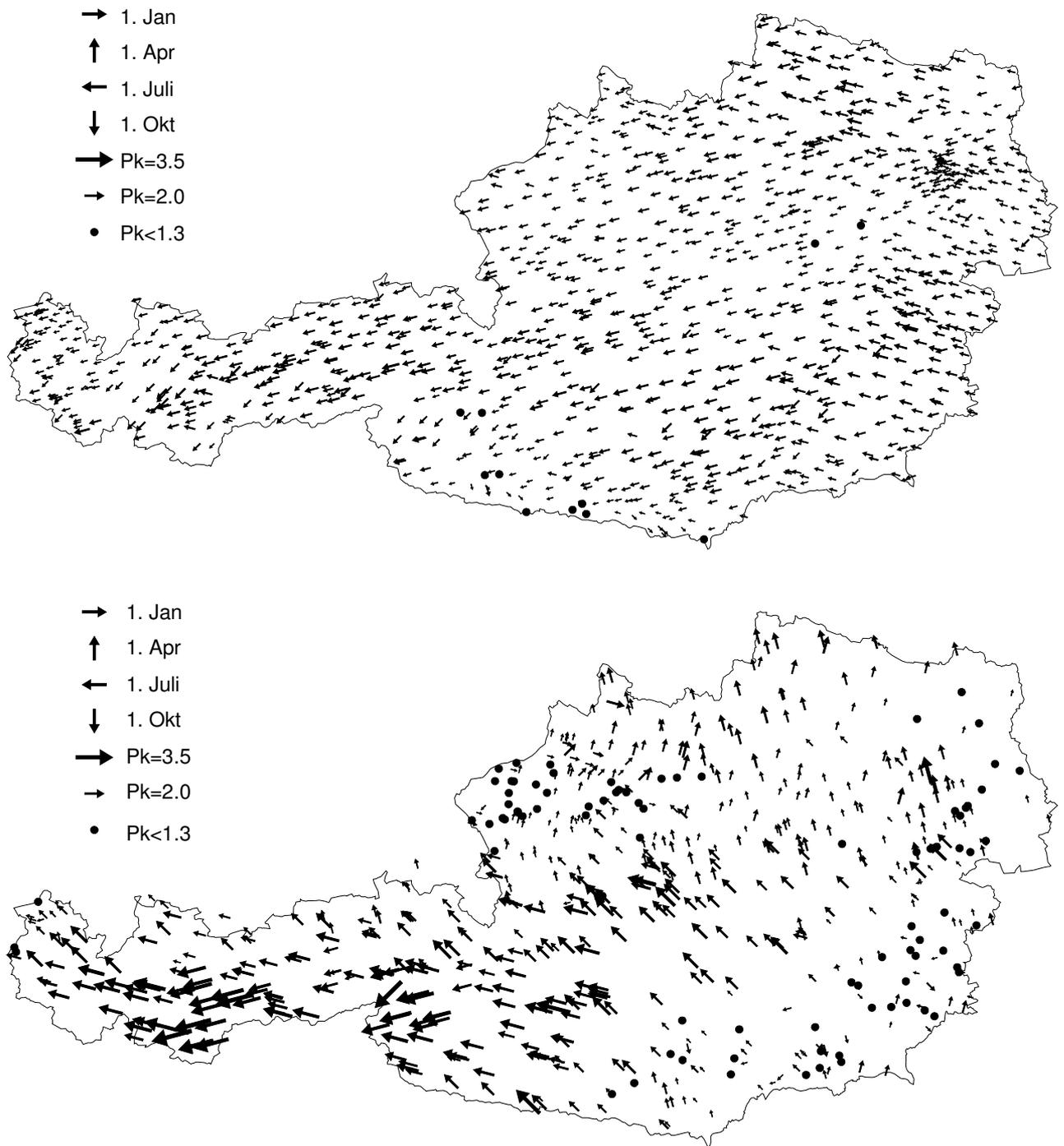


Abb. 2: Oben: Saisonalität der Monatsniederschläge,  
Unten: Saisonalität der Monatsabflüsse

Variablen auf ein 1 km Raster interpoliert. Für jeden Rasterpunkt wurde der Winkel (d.h. der Zeitpunkt der Saisonalität) aus den interpolierten Winkelkomponenten  $\sin(\varphi)_0$  und  $\cos(\varphi)_0$  rückgerechnet und gewogen gewichtet mittels

$$\varphi_0 = w_1 \arcsin(\sin(\varphi)_0) + w_2 \arccos(\cos(\varphi)_0) \quad (15)$$

$$w_1 = \frac{1 - |\sin(\varphi)_0|}{2 - |\sin(\varphi)_0| - |\cos(\varphi)_0|} \quad (16)$$

$$w_2 = \frac{1 - |\cos(\varphi)_0|}{2 - |\sin(\varphi)_0| - |\cos(\varphi)_0|} \quad (17)$$

Dabei wurden nach den vier Quadranten ( $0 - \frac{\pi}{2}$ ;  $\frac{\pi}{2} - \pi$ ;  $\pi - \frac{3\pi}{2}$ ;  $\frac{3\pi}{2} - 2\pi$ ) entsprechend Fallunterscheidungen durchgeführt. Die Gewichte  $w_1$  und  $w_2$  wurden in Gl. 15 eingeführt, um den Einfluss der Nichtlinearität der Winkelfunktionen bei den Maximalwerten und Minimalwerten zu reduzieren und die Linearität beim Nulldurchgang auszunützen.  $\varphi_0$  ist nun der interpolierte Zeitpunkt der Saisonalität ausgedrückt als Winkel. Bei der Saisonalität der Extremwerte wurde analog Gl. 15 für den Winkel  $\Theta$  vorgegangen.

## Ergebnisse und Diskussion

### Saisonalität der Monatsniederschläge und der Monatsabflüsse

Für die Monatsniederschläge und die Monatsabflüsse sind die Saisonalitätsparameter  $i_{max}$  und  $Pk$  in Abbildung 2 und Abbildung 3 dargestellt.  $Pk$  ist der maximale Pardé Koeffizient (Gl. 2) und  $i_{max}$  ist der Monat in dem  $Pk$  aufgetreten ist. In Abbildung 2 ist  $Pk$  durch die Größe und  $i_{max}$  durch die Richtung des Vektors gekennzeichnet. Für die Darstellung der interpolierten Parameter in Abbildung 3 gibt die Farbe das Auftretensmonat  $i_{max}$  des Maximalwertes an (z.B. gelb für Mai, blau für Jänner). Die Farbintensität gibt die Intensität der Saisonalität  $Pk$  an. Unterschieden wurde zwischen schwacher Intensität ( $Pk < 1.4$ ), mittlerer Intensität ( $1.4 \leq Pk \leq 2.0$ ) und starker Intensität ( $Pk > 2.0$ ). Intensive Farben bedeuten starke Saisonalität (großer  $Pk$ ), schwache Farben bedeuten geringe Saisonalität (kleiner  $Pk$ ). Bei den Monatsabflüssen beziehen sich die flächigen Werte auf die Saisonalität von Gebieten kleiner als 5000 km<sup>2</sup>.

Die Monatssummen der Niederschläge in Österreich sind generell im Sommer am höchsten (Abbildungen 2 und 3, oben). Die räumliche Verteilung der Saisonalität ist ziemlich homogen. Im größten Teil Österreichs treten die Maxima der Monatsniederschläge im Mittel im Juli auf. Im Osten (Waldviertel, Weinviertel sowie Burgenland und Oststeiermark) treten die Maxima

jedoch etwas früher auf (im Juni), im Süden Österreichs etwas später (im August). Im Großteil Österreichs ist mittlere Intensität der Saisonalität anzutreffen ( $1.4 \leq Pk \leq 2.0$ ), im Süden Österreichs (Karawanken) jedoch schwache Intensität. Hier treten zusätzlich zu den sommerbetonten Niederschlägen ausgiebige Niederschläge im Herbst auf, die insgesamt ein

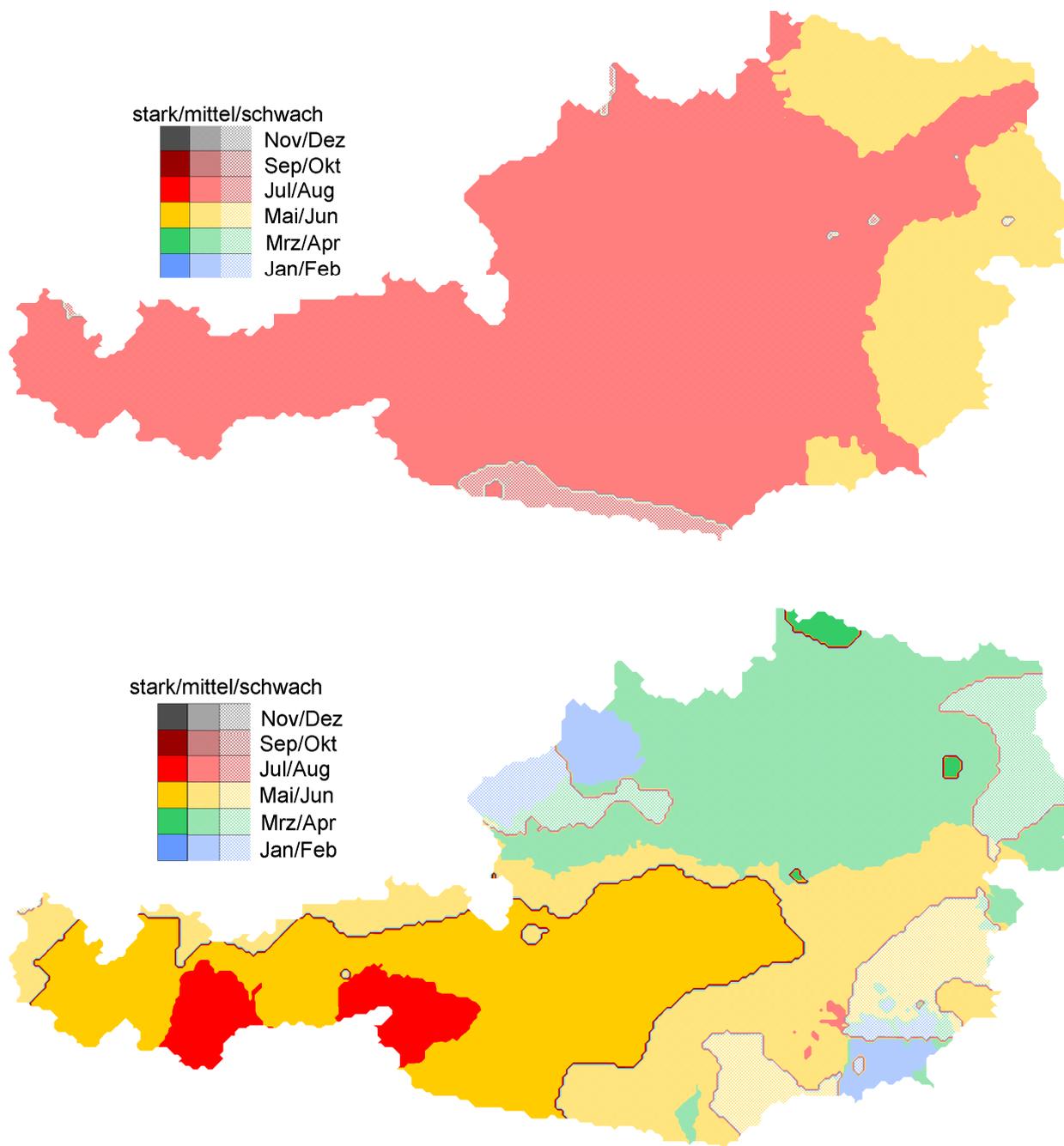


Abb. 3: Oben: Interpolierte Saisonalität der Monatsniederschläge,  
Unten: Interpolierte Saisonalität der Monatsabflüsse

ausgeglichenere Niederschlagsregime (geringe Intensität der Saisonalität) bewirken. Das räumliche Muster der Vektordarstellung der Saisonalitätsparameter ist dem räumlichen Muster der interpolierten und damit geglätteten Darstellung sehr ähnlich. Es gibt kaum Niederschlagsstationen, die große Unterschiede im saisonalen Verhalten gegenüber ihren Nachbarstationen zeigen.

Die Saisonalität der Monatsabflüsse in Österreich ist generell stark durch die Schneespeicherung im Winter und die Schneeschmelze im Frühjahr geprägt (Abbildungen 2 und 3, unten). Unterschiede ergeben sich vor allem durch die Höhenlage. Im Hochgebirge ist ein Maximum im Juli mit starker Intensität der Saisonalität anzutreffen. Schnee- und Gletscherschmelze treten vor allem im Juni und Juli auf und führen zu maximalen Abflüssen im Juli. In den etwas niederen alpinen Lagen treten die maximalen Monatsabflüsse im Juni und im Mai auf. Die Intensität der Saisonalität ist ebenfalls stark. Hier ist die Schneeschmelze die wichtigste Einflussgröße auf die Saisonalität des Abflusses. Die Saisonalität der Niederschläge hat demgegenüber einen geringeren Einfluss auf das Abflussregime, denn die größeren Niederschläge im Sommer werden großteils durch die größere Verdunstung im Sommer ausgeglichen. Unter Verwendung von Wasserbilanzrechnungen zeigte Merz (2002), dass in diesen Gebieten die aktuelle Gebietsverdunstung im Sommer typischerweise um etwa 50 mm/Monat größer ist als im Winter. Dieser Wert liegt in der gleichen Größenordnung wie die Differenz zwischen den mittleren Monatsniederschlägen im Juli und im Jänner in dieser Region.

In den restlichen Gebieten Österreichs zeigt sich eine mittlere Saisonalität der Monatsabflüsse, d.h. ein zeitlich stärker ausgeglichenes Abflussregime, wobei die Maxima des Abflusses in unterschiedlichen Monaten anzutreffen sind. Im Innviertel treten maximale Monatsabflüsse im Februar auf. Die Schneedecke wirkt hier in erster Linie nicht direkt als Abflussbeitrag der Schneeschmelze, sondern indirekt durch Anheben der Bodenfeuchte. Die geringsten Bodenfeuchtedefizite treten im Februar auf (Merz, 2002). Ähnliches gilt für das Mühlviertel, wobei allerdings die Maxima etwas später (im März) auftreten. Im Bereich des Alpenvorlandes sind die Maxima des Monatsabflusses im April anzutreffen. Dies ist vor allem auf den Einfluss der Schneeschmelze zurückzuführen. Die größeren Monatsniederschläge im Sommer werden wieder großteils durch die Verdunstung kompensiert. In Ostösterreich (Burgenland, Oststeiermark) ist der Einfluss der Schneeschmelze untergeordnet. Hier ergeben sich zwar Maxima der Monatsabflüsse im April bis Mai mit mittlerer bis schwacher Intensität. Dies dürfte jedoch darauf zurückzuführen sein, dass die größere Verdunstung im Sommer den größeren Niederschlag im Sommer kompensiert oder übertrifft. Merz (2002) zeigte, dass die aktuelle Verdunstung im Sommer typischerweise 60 mm/Monat größer ist als im Winter, während die Niederschläge im Sommer typischerweise nur 40 mm/Monat

größer sind als im Winter. Dies führt zu einem ausgeglichenen Abflussregime mit einer Tendenz zu geringeren Werten im Sommer und Herbst.

Ähnlich den Monatsniederschlägen zeigt die Vektordarstellung der Saisonalität der Monatsabflüsse nur wenige lokale Heterogenitäten. Nur einzelne Gebiete zeigen ein deutlich anderes saisonales Verhalten als ihre Nachbargebiete.

Die großen Vorfluter Österreichs ( $> 5000 \text{ km}^2$ ) (Tabelle 2) weisen die folgende Saisonalität der Monatsabflüsse auf: Tiroler Inn, Rhein: starke Saisonalität mit Maxima im Juni; Oberösterreichischer Inn, Salzach: mittlere Saisonalität mit Maxima im Juni; Österreichische Donau: mittlere (bis schwache) Saisonalität mit Maxima im Juni; Enns, Mur: mittlere Saisonalität mit Maxima im Mai; Drau: mittlere Saisonalität mit Maxima im Juni; March: mittlere Saisonalität mit Maxima im April. Diese Saisonalität spiegelt das Verhalten der Entstehungsgebiete des Abflusses wider.

### **Saisonalität der maximalen jährlichen Tagesniederschläge und der Jahreshöchsthochwässer**

Für die maximalen jährlichen Tagesniederschläge und die Jahreshöchsthochwässer sind die Saisonalitätsparameter  $\Theta$  und  $r$  in Abbildung 4 und Abbildung 5 dargestellt.  $\Theta$  ist das mittlere Auftretensdatum dieser Extremwerte.  $r$  ist ein Maß für die Variabilität des Auftretensdatums. In Abbildung 4 ist  $r$  durch die Größe und  $\Theta$  durch die Richtung des Vektors gekennzeichnet. Für die Darstellung der interpolierten Parameter in Abbildung 5 gibt die Farbe das mittlere Auftretensdatum  $\Theta$  an (z.B. gelb für Mai, blau für Jänner). Die Farbintensität gibt die Intensität der Saisonalität  $r$  an. Unterschieden wurde zwischen schwacher Intensität ( $r < 0.3$ ), mittlerer Intensität ( $0.3 \leq r \leq 0.7$ ) und starker Intensität ( $r > 0.7$ ). Intensive Farben bedeuten starke Saisonalität (großes  $r$ ), schwache Farben bedeuten geringe Saisonalität (kleines  $r$ ). Bei den Hochwasserabflüssen beziehen sich die flächigen Werte auf die Saisonalität von Gebieten kleiner als  $5000 \text{ km}^2$ .

Die maximalen jährlichen Tagesniederschläge (Abbildungen 4 und 5, oben) sind, wie die Monatsniederschläge, sommerbetont. In den meisten Teilen Österreichs treten die Extremwerte meist im Juli auf, südlich des Alpenhauptkammes jedoch im August. Im westlichen Kärnten und in Osttirol zeigt  $\Theta$  ein Maximum im September an. Eine genauere Analyse der jahreszeitlichen Verteilung der Extremniederschläge zeigt, dass im westlichen Kärnten und Osttirol das Maximum im Juni auftritt, jedoch auch intensive Niederschläge im Oktober anzutreffen sind. Der hier dargestellte Saisonalitätsparameter  $\Theta$  liegt etwa beim Mittelwert dieser beiden Monate. Die Intensität der Saisonalität ist in den meisten Gebieten Österreichs mittel. Eine Ausnahme ist der Alpennordrand, in dessen Bereich die Intensität der Saisonalität schwach ist. Hier dürften Staueffekte zu einer markanten Verringerung der

Saisonalität führen (Nobilis et al 1990). Die stationsbezogene Vektordarstellung der maximalen jährlichen Tagesniederschläge ist der interpolierten Darstellung sehr ähnlich.

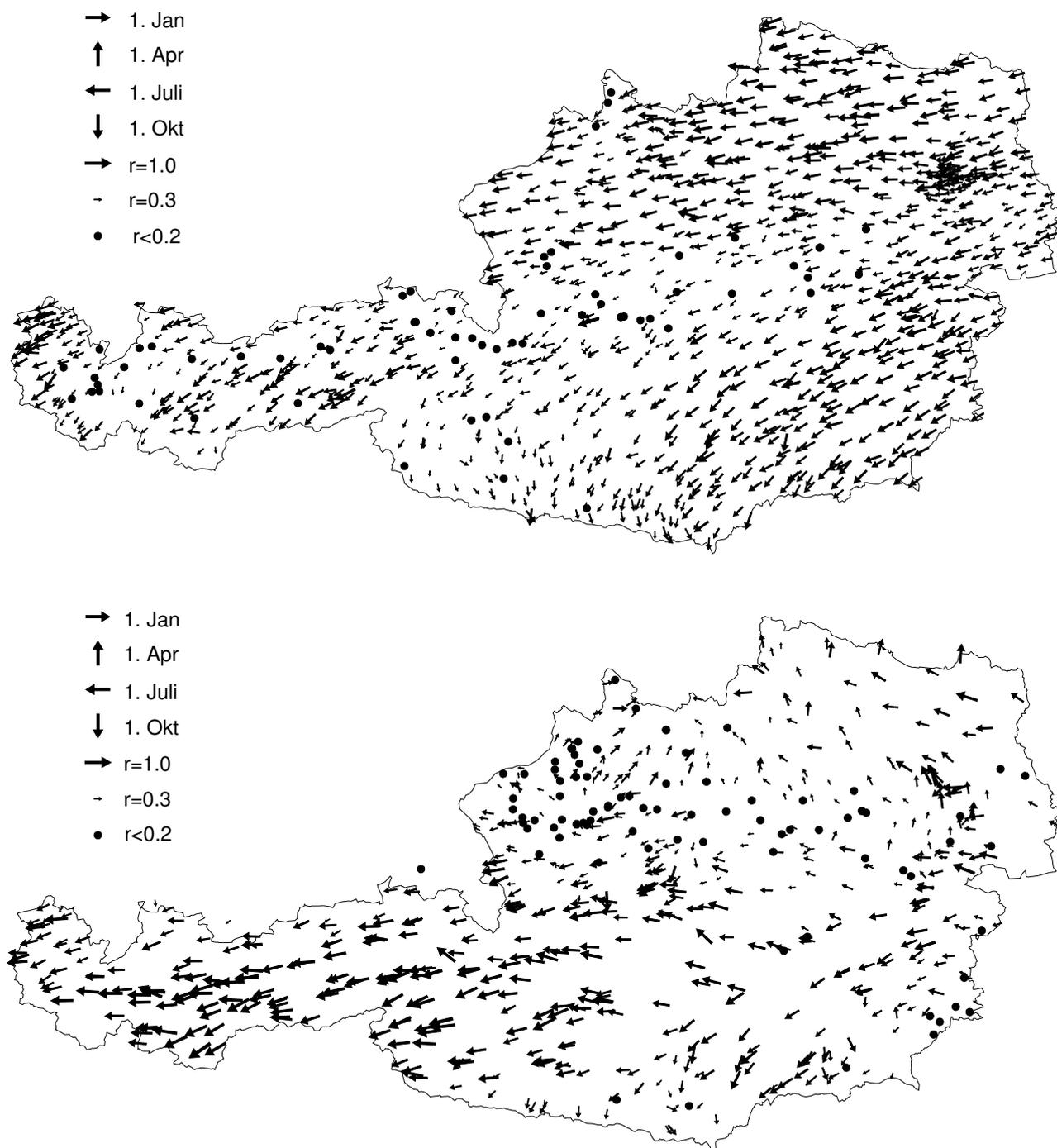


Abb. 4: Oben: Saisonalität der maximalen jährlichen Tagesniederschläge,  
Unten: Saisonalität der Jahreshöchsthochwässer

Die Jahreshöchsthochwässer zeigen die stärksten räumlichen Unterschiede in der Saisonalität (Abbildungen 4 und 5, unten). Da es sich um Extremwerte handelt, sind sie räumlich variabler als die Monatswerte. Im Vergleich zu den Extremwerten des

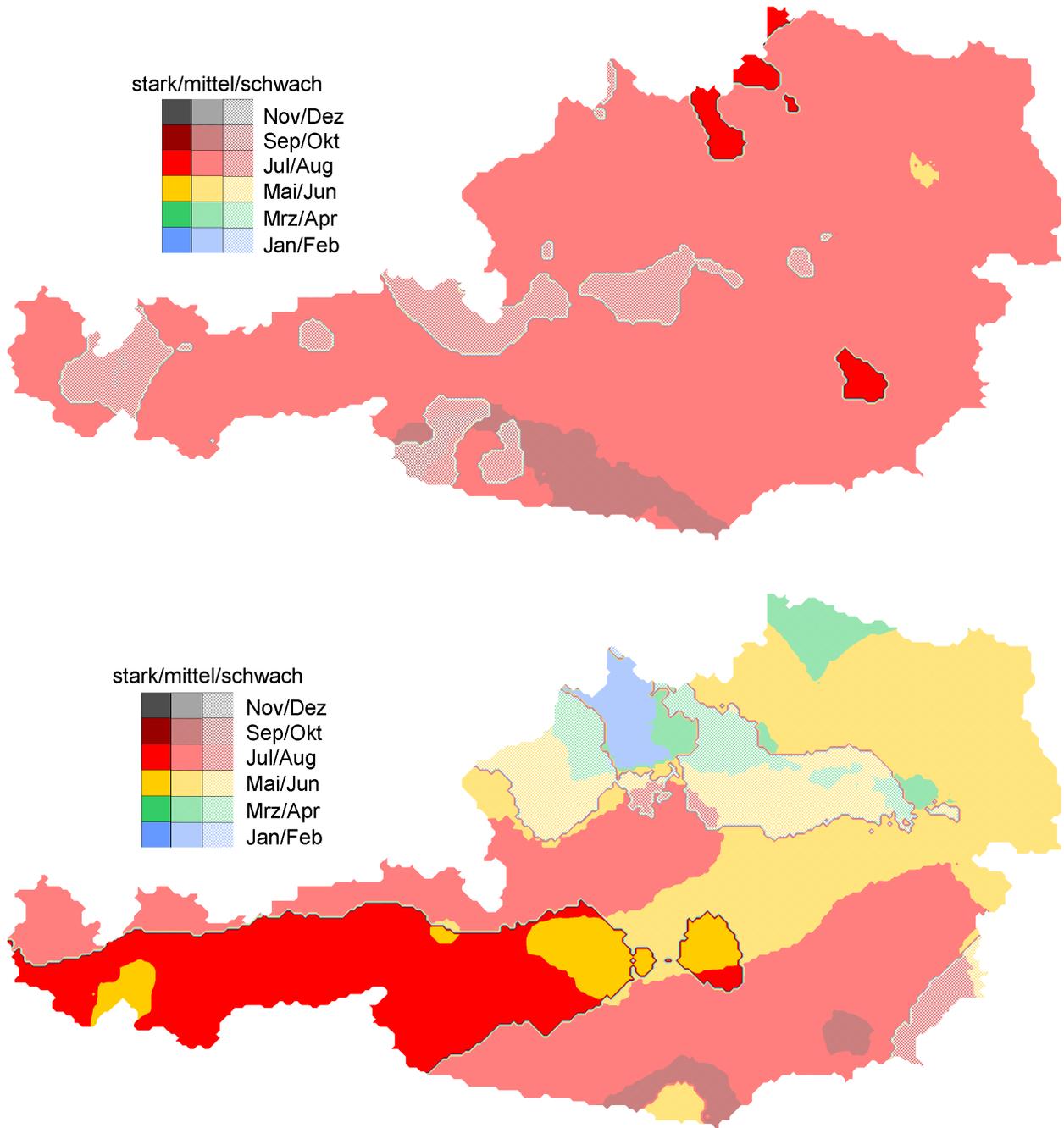


Abb. 5: Oben: Interpolierte Saisonalität der maximalen jährlichen Tagesniederschläge,  
Unten: Interpolierte Saisonalität der Jahreshöchsthochwässer

Niederschläges sind die Jahreshöchsthochwässer räumlich stärker differenziert, da je nach Einzugsgebiet und Wettersituation unterschiedliche Abflussbildungsprozesse zu einem Hochwasser führen können. In den hochalpinen Gebieten Tirols und Vorarlbergs treten Hochwässer vor allem im Juli auf. Die Saisonalität ist stark. Dies dürfte auf die erhöhte

Abflussbereitschaft im Sommer infolge Schneeschmelze zurückzuführen sein. Diese Interpretation wird durch die Ähnlichkeit der räumlichen Muster der Saisonalität der Hochwässer mit den räumlichen Mustern der Saisonalität der Monatsabflüsse belegt, denn Monatsabflüsse sind ein Indikator für die Abflussbereitschaft von Einzugsgebieten. Die räumlichen Muster der Saisonalität der Extremwerte des Niederschlages weisen hingegen ein ziemlich unterschiedliches Erscheinungsbild auf. Die Interpretation wird auch durch die Simulationsrechnungen von Merz (2002) belegt. In den restlichen Teilen Österreichs tritt vor allem mittlere Saisonalität auf, mit Ausnahme des niederösterreichischen und oberösterreichischen Alpenvorlandes, in dem niedrige Saisonalität anzutreffen ist. Neben einigen wenigen Hochwasserereignissen während der Schneeschmelzperiode im Winter und Frühjahr führen in diesen Gebieten langanhaltende großräumige Niederschläge im Sommer zu den maximalen Abflüssen (Merz, 2002). Dies bewirkt eine insgesamt schwache Saisonalität der Hochwässer mit einem Maximum im Frühjahr. In den höheren Gebieten des Mühlviertels tritt eine mittlere Saisonalität mit einem Maximum im Februar auf. Eine genauere Analyse der Hochwässer (Merz, 2002) zeigt, dass sich dieses Verhalten aus einer Kombination von Winterhochwässern mit einigen Sommerhochwässern ergibt. Die Winterhochwässer dürften hier durch Tauwetter und durch Regenereignisse auf eine Schneedecke bzw. auf einen gesättigten Boden verursacht werden. Im Waldviertel und Weinviertel ist die Saisonalität mittel, mit Maxima der Hochwässer von April bis Juni. Die sommerlichen Maxima im Osten (Marchfeld) dürften auf Gewittertätigkeit zurückzuführen sein (Blöschl et al., 2000; Merz, 2002).

Im Süden Kärntens und in der Weststeiermark zeigt die Karte mittlere Saisonalität mit Maxima im August bis September. Eine monatliche Analyse der Starkniederschläge und der Hochwässer zeigt, dass beide Größen bimodal verteilt sind mit Maxima im Juni und im Oktober. Der  $\Theta$  Parameter nach Burn gibt als Mittelwert der bimodalen Verteilung August bis September an. Die Hochwässer im Frühsommer und im Herbst sind auf unterschiedliche Mechanismen zurückzuführen, im Frühsommer auf Schneeschmelze bzw. Niederschläge auf abflussbereite Böden (Merz, 2002), im Herbst jedoch auf Starkniederschläge, die zumeist von atmosphärischer Feuchtezufuhr aus dem Süden ausgelöst werden.

Die großen Vorfluter Österreichs (> 5000 km<sup>2</sup>) (Tabelle 2) weisen die folgende Saisonalität der Hochwässer auf: Salzach, Tiroler Inn, Rhein: starke Saisonalität mit Maxima im Juli; Österreichische Donau, Enns; Drau: mittlere Saisonalität mit Maxima im Juli; Mur: mittlere Saisonalität mit Maxima im Juni; March: mittlere Saisonalität mit Maxima im April. Diese Saisonalität spiegelt das Verhalten der Entstehungsgebiete der Hochwässer wider.

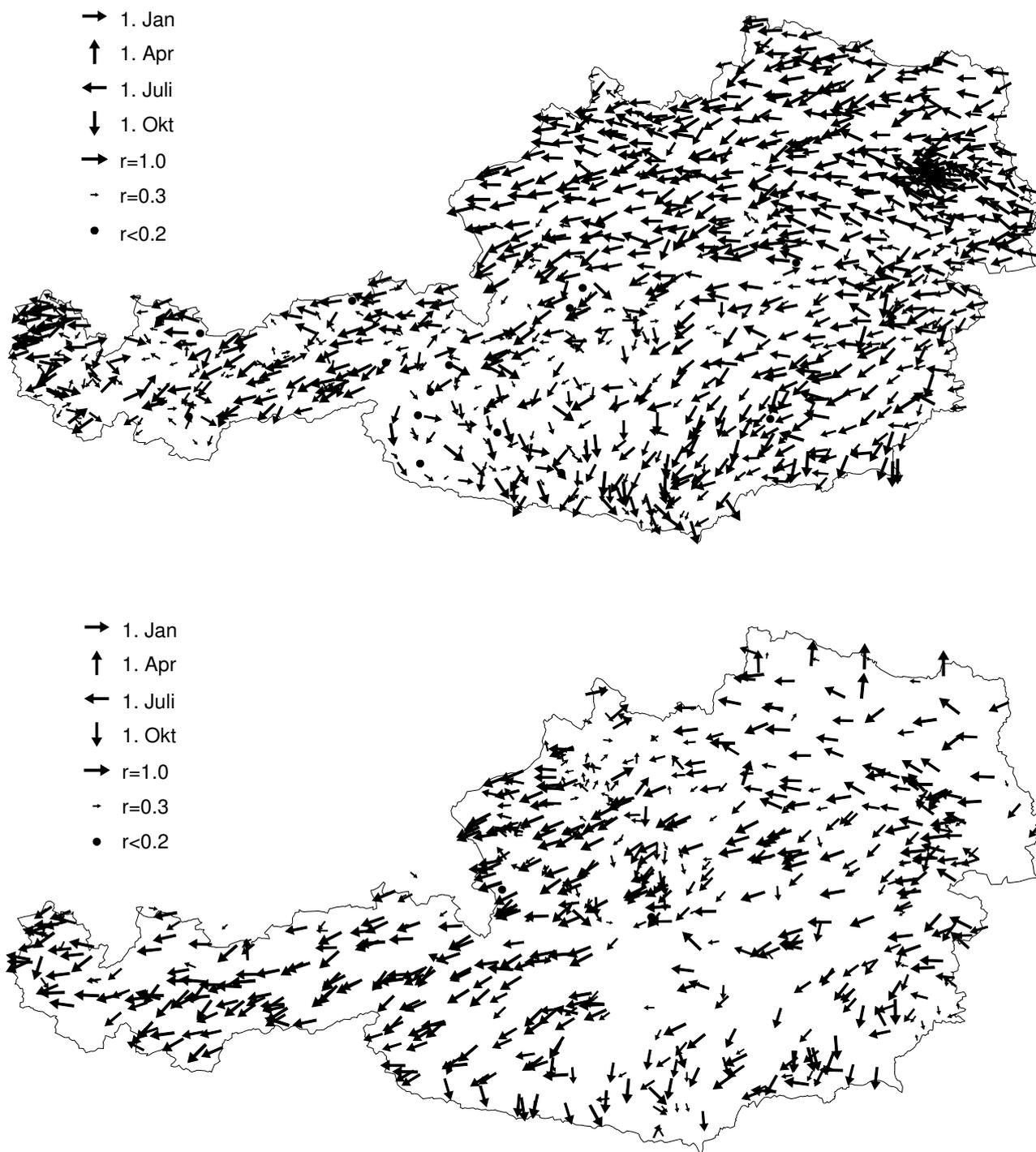


Abb. 6: Oben: Saisonalität der drei größten beobachteten maximalen jährlichen Tagesniederschläge,  
Unten: Saisonalität der drei größten beobachteten Jahreshöchsthochwässer

## **Saisonalität der drei größten Werte in den Beobachtungsreihen (Tagesniederschläge und Jahreshöchsthochwässer)**

Abbildung 6 zeigt eine Vektordarstellung der Saisonalität der maximalen jährlichen Tagesniederschläge und der Jahreshöchsthochwässer analog Abbildung 4, jedoch werden hier nur jeweils die drei größten Werte in jeder Beobachtungsreihe betrachtet. Die drei größten Werte der Tagesniederschläge (Abbildung 6, oben) zeigen eine wesentlich stärkere Saisonalität als die entsprechende Karte für die vollständigen Reihen (Abbildung 4, oben). Das bedeutet, dass in den meisten Regionen Österreichs die sehr großen Niederschläge konsistent auf wenige Monate des Jahres beschränkt sind. Die jahreszeitliche Verteilung der drei größten Werte ist ähnlich der Verteilung der gesamten Reihen mit einer Betonung von Sommerniederschlägen mit Ausnahme Kärntens. Die stärkere Ausprägung der Saisonalität beim Übergang von der gesamten Reihe auf die Reihe der drei Größtwerte ist ähnlich dem Übergang von Monatswerten auf maximale Jahreswerte. Interessant ist auch, dass am Alpennordrand, an dem die maximalen jährlichen Tagesniederschläge insgesamt jahreszeitlich ausgeglichen sind, die drei größten Werte eine deutliche Sommerbetonung aufweisen. Räumlich gesehen ergeben die drei größten Werte ein wesentlich heterogeneres Bild als die gesamten Reihen mit teilweise großen Unterschieden zwischen Nachbarstationen. Dies ist auf die Verwendung von nur drei Werten zurückzuführen, die im Vergleich zu längeren Reihen einen geringeren Ausgleich bewirkt.

Die drei größten beobachteten Jahreshöchsthochwässer (Abbildung 6, unten) weisen ebenfalls eine deutlich stärkere Saisonalität als die entsprechenden vollständigen Reihen (Abbildung 4, unten) auf. In einigen Regionen ist auch das mittlere Auftretensdatum deutlich verschieden von dem der gesamten Reihen. Besonders große Unterschiede ergeben sich im nördlichen Alpenvorland, in dem die extremen Hochwässer sommerbetont sind, während die gesamten Reihen ein jahreszeitlich ausgeglichenes Verhalten zeigen. Im Mühl-, Wald- und Weinviertel zeigt sich eine stärkere Betonung der Sommerhochwässer und in der Südsteiermark und im südlichen Kärnten zeigt sich eine stärkere Betonung der Herbsthochwässer, wenn ausschließlich die drei größten Werte betrachtet werden. Diese Verschiebung der Saisonalität beim Übergang von der gesamten Reihe auf die drei größten Werte deutet darauf hin, dass in diesen Regionen die größten Hochwässer von unterschiedlichen Prozessen als die meisten mittleren und kleinen Hochwässer ausgelöst werden. Genauere Aufschlüsse dazu sind durch einen Vergleich der Niederschläge mit den Hochwässern möglich. Vergleicht man die Saisonalität der maximalen Jahresniederschläge der gesamten Reihen mit der Saisonalität der Hochwässer ebenfalls der gesamten Reihen (Abbildung 4 oben und unten) so zeigt sich im Großteil Österreichs ein deutlich unterschiedliches Bild. Im Gegensatz dazu ergibt ein Vergleich der Saisonalität der drei größten Jahresniederschläge mit der Saisonalität der drei größten Hochwässer (Abbildung 6

oben und unten) eine markante Ähnlichkeit mit wenigen Ausnahmen. Dies ist ein deutlicher Hinweis auf die Rolle der Niederschläge im Vergleich zur Schneeschmelze oder dem Bodenfeuchtezustand in den Einzugsgebieten Österreichs. Während kleine und mittlere Hochwässer mitunter durch Schneeschmelze oder Regen-auf-Schnee Situationen ausgelöst werden, sind große Hochwasserereignisse weitgehend auf massive Niederschläge zurückzuführen. Die Schneeverhältnisse und der Einfluss des Gebietszustandes dürften dabei eine untergeordnete Rolle spielen. Diese Interpretation ist in Übereinstimmung mit der Prozessklassifizierung von Jahreshochwässern in Merz (2002) (über 11000 Jahreshochwässer in Österreich) die zeigte, dass nur 3% der in den Pegelinzugsgebieten beobachteten Hochwässer ausschließlich auf Schneeschmelze und nur 21% auf gemischte Schnee und Regenereignisse zurückzuführen sind, während der Hauptteil auf Niederschläge unterschiedlicher Dauer zurückzuführen ist. Dieser Prozentsatz verschiebt sich allerdings – ähnlich wie hier durch die Saisonalität angedeutet – beim Übergang von kleinen und mittleren auf große Ereignisse. Betrachtet man nur Hochwässer mit einer Jährlichkeit von mehr als 10 Jahren, so zeigt sich, dass nur 0,5% der in den Pegelinzugsgebieten beobachteten Hochwässer ausschließlich auf Schneeschmelze und nur 9% auf gemischte Schnee und Regenereignisse zurückzuführen sind, während die restlichen 90,5% auf Niederschläge unterschiedlicher Dauer zurückzuführen sind (Merz, 2002).

## **Danksagung**

Sämtliche Grunddaten wurden vom Hydrographischen Zentralbüro zur Verfügung gestellt, wofür herzlich gedankt wird. Die Arbeiten wurden finanziell unterstützt durch das Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (Zahl 43.004/07-IV 3/2000), durch die Österreichische Akademie der Wissenschaften (Projekte HÖ12, HÖ18) sowie durch den Fonds zur Förderung der Wissenschaftlichen Forschung (Projekt P14478-TEC).

## **Literatur**

- Blöschl, G., U. Piock-Ellena und R. Merz (2000) Abflusstypen-Klassifizierung als Basis für die Regionalisierung von Hochwässern. Endbericht an die Österreichische Akademie der Wissenschaften (HÖ-12/97). Institut für Hydraulik, TU Wien.
- Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (BMLFUW), (2003), Hydrologischer Atlas von Österreich, 1. Lieferung, Österreichischer Kunst- und Kulturverlag, Wien.
- Burn, D.H. (1997) Catchment similarity for regional flood frequency analysis using seasonality measures. *J. Hydrol.* 202, pp. 212-230.
- de Marsily, G. (1986) Quantitative Hydrogeology. Academic Press Inc., San Diego, 440 pp.
- Laaha, G. und G. Blöschl (2003) Saisonalität von Niederwasserspenden in Österreich. Mitteilungsblatt des Hydrographischen Dienstes in Österreich. Nr 82.

- Merz, R. (2002) Understanding and estimating flood probabilities at the regional scale. Wiener Mitteilungen, Wasser-Abwasser-Gewässer, Band 181, Institut für Hydraulik, TU Wien, 193pp.
- Merz, R. und G. Blöschl (2003) Regionale Verteilung der Hochwasserwahrscheinlichkeiten in Österreich. Mitteilungsblatt des Hydrographischen Dienstes in Österreich. Nr 82.
- Merz, R., U. Piock-Ellena, G. Blöschl und D. Gutknecht (1999) Seasonality of flood processes in Austria. In: *Hydrological Extremes: Understanding, Predicting, Mitigating*. IAHS Publ. no. 255, pp. 273-278.
- Nobilis, F., Th. Haiden und M. Kerschbaum, M. (1990) Statistische Untersuchungen zur Frage des vermutlich größten Niederschlags (PMP) in Österreich. *Mitteilungsblatt des Hydrographischen Dienstes in Österreich*, Nr. 63., pp. 27-66.
- Pardé, M. (1920) Le régime des cours d'eau en Suisse. *Revue de géographie alpin*, VIII, pp. 359-457.
- Pardé, M. (1947) *Fleuves et Rivieres*. - 3. Aufl., Colin, Paris.
- Piock-Ellena, U., M. Pfaundler, G. Blöschl, P. Burlando und R. Merz (2000) Saisonalitätsanalyse als Basis für die Regionalisierung von Hochwässern. *wasser, energie, luft*, 92, pp. 13-21.
- Reed, D. (1994) Plans for the Flood Estimation Handbook, Proceedings MAFF Conference of River and Coastal Engineers, Loughborough, UK, pp. 8.3.1-8.3.8.
- Weingartner, R. (1999) Regionalhydrologische Analysen. Beiträge zur Hydrologie der Schweiz, Nr. 37, Schweizerische Gesellschaft für Hydrologie und Limnologie, Bern, 178 pp.

## **Anschrift der Verfasser:**

Dipl.-Ing. Dr.techn. Ralf Merz  
A.o.Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Günter Blöschl  
Institut für Hydraulik, Gewässerkunde und Wasserwirtschaft  
Technische Universität Wien  
Karlsplatz 13/223, A-1040 Wien  
e-mail: [merz@hydro.tuwien.ac.at](mailto:merz@hydro.tuwien.ac.at)

# Saisonalität von Niederwasserspendsen in Österreich

Seasonality of specific low flow discharges in Austria

G. Laaha und G. Blöschl

**Schlagwörter:** Niederwasser, Saisonalität, Regime, Abfluss, Zwischeneinzugsgebiete, Prozesse

**Keywords:** low flows, seasonality, regime, discharge, residual catchments, processes

## Zusammenfassung

In diesem Beitrag wird die jahreszeitliche Verteilung von Niederwasserabflüssen in Pegelinzugsgebieten ohne Oberliegerpegel sowie Zwischeneinzugsgebieten analysiert. Auf Basis räumlicher Muster eines Saisonalitätsindex und der monatlichen Häufigkeitsverteilung der Niederwassertage werden zehn Teilregionen mit annähernd homogener saisonaler Verteilung ausgewiesen. Die Resultate zeigen starke saisonale Unterschiede von Niederwasserspendsen in Österreich. Deutlich können zwei Zonen mit gegensätzlicher Saisonalität unterschieden werden. Eine Zone mit ausgeprägter Wintersaisonalität (Saisonalitätstyp A-C) umfasst den alpinen Bereich von Vorarlberg bis zum Wechselgebiet mit einer Nord-Süd Erstreckung von den nördlichen Kalkalpen bis Oberkärnten. Eine Zone mit ausgeprägter Sommersaisonalität (Saisonalitätstyp 1-2) umfasst Einzugsgebiete nördlich und östlich der Alpen (Flach- und Hügelland mit einer Seehöhe von 117 bis ca. 600 m, im Mühlviertel bis ca. 1000 m).

## Summary

In this paper the seasonal distribution of low flow discharges in gauged catchments without upstream stream gauge as well as in residual catchments are analysed. Based on the spatial patterns of a seasonality index and monthly frequency distributions of low flow days, ten approximately homogeneous sub-regions are isolated. The results indicate significant regional differences of low flow seasonalities in Austria. Two zones of clearly contrasting seasonalities exist. One zone represents winter dominated low flows (seasonality types A-C) and comprises the Alpine region from Vorarlberg to the Wechselregion with a north-south extent from the northern Kalkalpen to Upper Carinthia. The other zone represents summer dominated low flows (seasonality types 1-2) and comprises catchments north and east of the Alps (lowlands and hilly terrain with elevations from 117 to about 600 m, in the Mühlviertel region to about 1000 m).

## Einleitung

Die Bestimmung der Abflussverhältnisse bei Niederwasser ist eine wichtige Grundlage für viele wasserwirtschaftliche Fragestellungen im Zusammenhang mit der optimalen Nutzung von Wasserressourcen, sowie dem qualitativen und quantitativen Schutz von Gewässern (Kresser et al., 1985). Auch die Saisonalität von Niederwasserereignissen ist oft von zentralem Interesse. Zunächst sind Saisonalitätskennwerte wichtige Indikatoren für abflussbildende hydrologische Prozesse der Einzugsgebiete. Dieses Prozessverständnis kann etwa als Basis einer Regionalisierung von hydrologischen Kenngrößen Verwendung finden. Außerdem ist die Saisonalität von Niederwasserabflüssen auch von unmittelbarer Bedeutung für wasserwirtschaftliche Fragestellungen. So kann die Saisonalität von Niederwässern über die Realisierbarkeit von Bauvorhaben, die Wirtschaftlichkeit von Wasserkraftwerken, die Bewilligung von Wasserentnahmen oder Einleitungen in Vorfluter entscheiden. Auch für eine Reihe ökologischer Fragen, etwa im Zusammenhang mit der Festlegung von Restwasserabflüssen, ist die Saisonalität von Niederwasserabflüssen ein wichtiger Faktor.

In Österreich ist das Niederwasser von einer Kombination abflussrelevanter Prozesse bestimmt (siehe z.B. Kresser et al., 1985, Laaha, 2002) zu denen grundsätzliche, allgemeine Überlegungen angestellt werden können (Smakhtin, 2001). Sommerniederwässer treten nach langfristigen meteorologischen Dürreperioden auf, bei denen über Wochen eine größere Menge Wasser verdunstet als durch Niederschläge zugeführt wird. Die Folge ist ein langsames Auslaufen des Bodenspeichers und der Rückgang der Abflussspenden in den betroffenen Einzugsgebieten. Sommerniederwässer entstehen daher großräumig und besitzen eine hohe Persistenz. Wichtige Einflussgrößen auf Zeitpunkt und Intensität sind die Niederschlagsverteilung im Sommerhalbjahr sowie die Speichereigenschaften des Aquifers. Winterniederwässer werden hingegen durch den Gefrierprozess gesteuert. Anhaltender Frost führt zur Speicherung von Niederschlägen in der Schneedecke und zur Eisbildung in der obersten Bodenschicht. Diese temperaturabhängige Immobilisierung des Wassers führt zum Rückgang der Abflussspenden. Es ist deshalb zu erwarten, dass die mit der Temperatur stark korrelierende Höhenlage des Einzugsgebietes einen wichtigen Faktor für die Entstehung dieses Typs von Niederwässern darstellt. Ein weiterer physiografischer Faktor ist die Mächtigkeit des Aquifers, die einen Einfluss auf den Anteil des retendierten Wassers, als auch auf die Rückgangsgeschwindigkeit der Gebietsabflussspenden erwarten lässt.

Ziel dieses Beitrages ist es, die räumliche Verteilung der Saisonalität von Niederwasserspenden in Österreich zu analysieren und homogene Regionen als mögliche Grundlage für die Regionalisierung von Niederwasserkennwerten in Österreich abzuleiten. Für die Ermittlung der Saisonalität von Niederwasserspenden für Gewässerstrecken ohne Abflussbeobachtungen ist der Übergang von pegelbezogenen zu flächenbezogenen

Aussagen nötig. Wegen des Umstandes, dass das Einzugsgebiet eines Pegels meist in den Einzugsgebieten stromabwärts liegender Pegel wiederholt enthalten ist, ist allerdings die Zuordnung von Pegelmessungen und lokalen Abflussspenden nicht eindeutig möglich. In dieser Arbeit werden deshalb Zwischeneinzugsgebiete zusätzlich zu den Pegel-einzugsgebieten ohne Oberliegerpegel analysiert.

## **Datengrundlage**

Als Grundlage für die Saisonalitätsanalyse wurden die vom Hydrographischen Zentralbüro zur Verfügung gestellten mittleren Tagesabflüsse für 630 Pegel herangezogen. Weiters wurden folgende Datengrundlagen verwendet: (a) Stationsdaten des Hydrographischen Dienstes wie geographische Lage, Zeitraum der Pegelmessung, wirksame Fläche von Zu- und Ableitungen und Speicherbeeinflussungen; (b) Volumina von Seen und Stauseen nach Blöschl et al. (2000); (c) die digitale Karte der Flusseinzugsgebiete (mündungsbezogene Kartierung in Teilflächen mit hierarchischer Flächennummerierung) nach Behr (1989).

Um den Einfluss der klimatischen Variabilität auf die Auswertungen der Niederwasserereignisse gering zu halten, wurden nur Stationen, bei denen während einer Standardperiode von zwanzig Jahren (1977-1996) Abflussdaten vorlagen, analysiert. 395 Stationen erfüllten dieses Kriterium. Diese Anzahl erschien für flächendeckende Aussagen als ausreichend, auf die Einbeziehung kurzer Messreihen wurde daher in dieser Arbeit verzichtet. Als Grundlage für die Berechnung der Niederwasserspenden von Zwischeneinzugsgebieten wurde zunächst eine Karte der pegelbezogenen Zwischeneinzugsgebietsgrenzen erstellt. Hierzu wurden die ca. 20.000 Flusseinzugsgebiete sukzessive von Quelle zur Mündung zu Zwischeneinzugsgebieten aggregiert. Die Aggregation erfolgte, unter Ausnützung der hierarchischen Flächennummer, teilweise automatisiert. Bei erheblicher Abweichung der Pegellage von den Flusseinzugsgebietsgrenzen musste jedoch eine manuelle Korrektur der Grenzlinie vorgenommen werden. Die von den so ermittelten Polygonen umschlossenen Flächen wurden als Bezugsflächen der Saisonalitätskennwerte angesehen. Ihr Flächeninhalt wurde zur Berechnung von Zwischeneinzugsgebietsspenden aus den Abflussdifferenzen aufeinanderfolgender Stationen verwendet.

Zur Berechnung der Niederwasserspenden von Zwischeneinzugsgebieten sind weiters Informationen über die hierarchische Abfolge der Stationen in der Form einer Datentabelle erforderlich, die jedem Pegel, identifiziert durch seine Stationsnummer (DBMSNR), seinen direkten Oberliegerpegel zuweist. Hierzu wurde die hierarchische Flächennummer des jeweiligen Flusseinzugsgebiets auf die Messstationen übertragen und zur Ermittlung der Pegelhierarchie verwendet.

Einen wichtigen Schritt bei der Berechnung der hydrologischen Kennwerte stellt der Umgang mit anthropogenen Beeinflussungen dar. Ein Vorteil der Analyse von

Zwischeneinzugsgebieten gegenüber Gesamteinzugsgebieten liegt darin, dass Beeinflussungen nur im jeweiligen Zwischeneinzugsgebiet wirksam sind. Die Eliminierung von als stark beeinflusst eingeschätzten Zwischeneinzugsgebieten erfolgte nach folgenden Kriterien: (a) Zu- und Ableitungen mit einem Verhältnis von wirksamer Fläche der Beeinflussung und topografischer Fläche des Zwischeneinzugsgebietes größer als 20%; (b) Einfluss von Seen und Speichern mit einem Verhältnis von Speichervolumen zu topografischer Fläche des Zwischeneinzugsgebietes größer als 100 mm; weiters wurden (c) Zwischeneinzugsgebiete, bei denen das Abflussregime durch Moore oder massive Versickerung aus dem Vorfluter beeinflusst wird, aus den Untersuchungen ausgeklammert. Wegen der Vermischung von Prozessen in großen Zwischeneinzugsgebieten und wegen der Zunahme von Fehlern bei der Disaggregation in sehr kleine Zwischeneinzugsgebiete wurden auch solche Stationen eliminiert, (d) deren Zwischeneinzugsgebiet eine topografische Fläche größer als 1000 km<sup>2</sup> aufweist und (e) deren Zwischeneinzugsgebiet weniger als 10% des Gesamteinzugsgebietes beträgt. Nach den Kriterien (a) bis (e) wurden 13% der Zwischeneinzugsgebiete als erheblich beeinflusst oder messtechnisch ungeeignet eingestuft und deshalb aus dem Datensatz ausgeschieden. Die Berechnung von Saisonalitätskenngrößen erfolgte schließlich für eine Auswahl von 342 Gebiete, die sich aus Zwischeneinzugsgebieten sowie Pegelzugsgebieten ohne Oberliegerpegel zusammensetzen.

## **Berechnung der Saisonalitätskenngrößen**

Die Basis der Saisonalitätsanalysen in dieser Arbeit bildet die Disaggregation von Pegelzugsgebieten in Pegelzwischenzugsgebiete. Dies erfolgt, indem die Differenzenganglinie aus Abfluss und Zufluss des Zwischeneinzugsgebietes, d.h. aus dem Abfluss am betrachteten Pegel und der Summe der Abflüsse der unmittelbaren Oberliegerpegel, unter Anwendung der zuvor erstellten Pegelhierarchie gebildet wird. Die Abflussdifferenzen entsprechen dem Abflussbeitrag eines Zwischeneinzugsgebietes am Gesamtabfluss. Hieraus berechnete Niederwasserkennwerte wie Q<sub>95</sub> [ $P(Q \leq Q_{95}) = 0,05$ ] wurden durch die Fläche des Zwischeneinzugsgebietes geteilt und als charakteristische Niederwasserspendsen des Zwischeneinzugsgebietes angesehen.

Das jahreszeitliche Auftreten von Niederwasserspendsen von Teileinzugsgebieten wird in dieser Arbeit in Anlehnung an den von Burn (1997) bzw. Young et al. (2000) gewählten Saisonalitätsindex für Hochwasser- bzw. Niederwasserereignisse beschrieben. Anstatt des Julianischen Datums der Ereignisse wird jedoch das Julianische Datum  $D_j$  aller Tage, an denen der Niederwasserswellenwert Q<sub>95</sub> [ $P(Q \leq Q_{95}) = 0,05$ ] unterschritten wurde, zur Berechnung des Saisonalitätsindex herangezogen.  $D_j$  stellt eine zyklische Variable mit der Periodizität von 365 Tagen dar und kann als Winkel auf dem Einheitskreis dargestellt werden (Mardia 1972). Das Bogenmaß  $\theta_j$  dieses Winkel errechnet sich zu

$$\theta_j = \frac{D_j \cdot 2\pi}{365}$$

Die Berechnung eines mittleren Vektors der Vektoren vom Ursprung zu den  $D_j$  erfolgt zunächst über das arithmetische Mittel der kartesischen Koordinaten  $x_\theta$  und  $y_\theta$  der Einzeltage  $j$ :

$$x_\theta = \frac{1}{n} \sum_j \cos(\theta_j)$$

$$y_\theta = \frac{1}{n} \sum_j \sin(\theta_j)$$

Hieraus berechnet sich die Richtung des mittleren Auftrittstages  $\theta$  in Abhängigkeit vom Quadranten durch folgendes Gleichungssystem:

$$\theta = \arctan\left(\frac{y_\theta}{x_\theta}\right) \quad \text{1. und 4. Quadrant: } x_\theta > 0$$

$$\theta = \arctan\left(\frac{y_\theta}{x_\theta}\right) + \pi \quad \text{2. und 3. Quadrant: } x_\theta < 0$$

Den mittleren Auftrittstag erhält man schließlich durch Rücktransformation mittels:

$$D = \theta \cdot \frac{365}{2\pi}$$

Die Länge  $r$  des mittleren Vektors ist ein Maß für die Variabilität des Auftrittsdatumms und berechnet sich zu:

$$r = \sqrt{x_\theta^2 + y_\theta^2}$$

Werte für  $r$  liegen zwischen 0 (die Niederwässer treten gleichmäßig während des ganzen Jahres auf) und 1 (alle Niederwässer treten zu einem einzigen Datum auf). Da eine Standardperiode von 20 Jahren verwendet wurde und Q95 an einem Zwanzigstel der Tage im Jahr unterschritten wird, fließen für jeden Pegel  $n = 365$  Niederwassertage in die Analyse ein. Die hieraus berechneten Saisonalitätsparameter  $D$  und  $r$  jedes Zwischeneinzugsgebietes können als Vektorkarte dargestellt werden (Abb. 1). Dieser Vektorkarte ist eine synoptische Darstellung des mittleren Auftrittstages und der Intensität der Saisonalität für eine große Anzahl von Stationen. Sie bietet daher einen guten Überblick über großräumige Muster der Niederwassersaisonalität in Österreich.

Monatliche Häufigkeitsverteilungen (Histogramme) der Niederwasserauftrittstage (Laaha 2002) erlauben eine detailliertere Analyse. Als Datenbasis wurden wiederum für jede Station das Julianische Datum aller Tage verwendet, an denen der Zwischengebietsabfluss unter dem Schwellenwert Q95 gelegen ist. Diese Tage wurden in 12 Monatsklassen eingeteilt, ihre absolute Häufigkeit in den einzelnen Monaten berechnet und als Histogramm dargestellt.

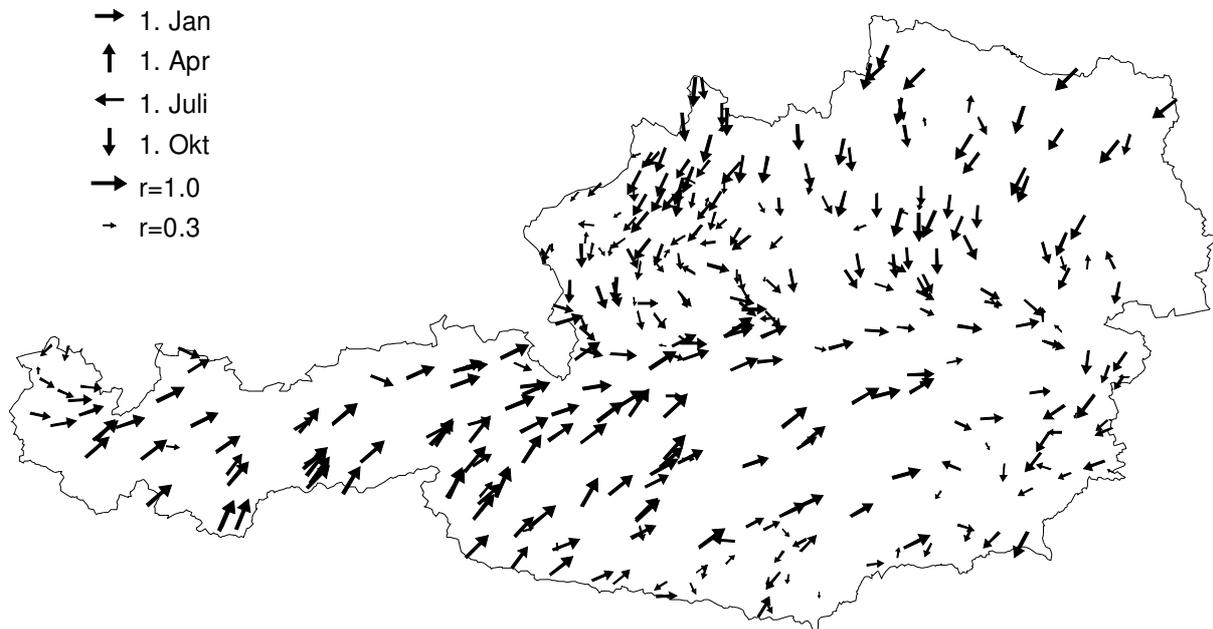


Abb. 1: Saisonalitätsindex der Niederswasserspenden in Österreich aus einer Auswertung der Tage mit Abflüssen kleiner als Q95. Die Richtung des Pfeils entspricht dem mittleren Auftrittstag, die Länge des Pfeils entspricht der Intensität der Saisonalität. Die Pfeile sind auf den Pegelstellen des Gebietsauslasses gezeichnet.

Das Histogramm zeigt das Auftreten von Niederwässern in den einzelnen Monaten und bietet somit ergänzende Informationen zum Saisonalitätsindex.

Auf Basis der Interpretation beider Saisonalitätsauswertungen wurden Regionen mit annähernd homogener Saisonalität von Niederwässern manuell abgegrenzt und Saisonalitätstypen zugeordnet. Die Analyse der Histogramme führte zu einer Korrektur und Verfeinerung der vorläufigen, ausgehend von den synoptischen Karten ausgewählten, Teilregionen.

## Ergebnisse und Diskussion

Abb. 1 zeigt die Vektorkarte der Niederswassersaisonalität in Österreich. Die Richtung des Pfeils entspricht dem mittleren Auftrittstag, während die Länge des Pfeils ein Maß für die Intensität der Saisonalität darstellt. Abb. 2 zeigt die Niederwasserregionen mit den Saisonalitätstypen, die den Typen der monatlichen Häufigkeitsverteilungen in Abb. 3 entsprechen. Insgesamt stehen Abb. 1 und 2 im Einklang mit den in der Einleitung beschriebenen Niederwasserprozessen. Abb. 1 zeigt einen starken Einfluss der Höhenlage auf die Saisonalität von Niederswasserspenden in Österreich. Deutlich können zwei Zonen mit gegensätzlicher Saisonalität unterschieden werden. Die Zone mit ausgeprägter Wintersaisonalität (Saisonalitätstyp A-C) umfasst den alpinen Bereich von Vorarlberg bis

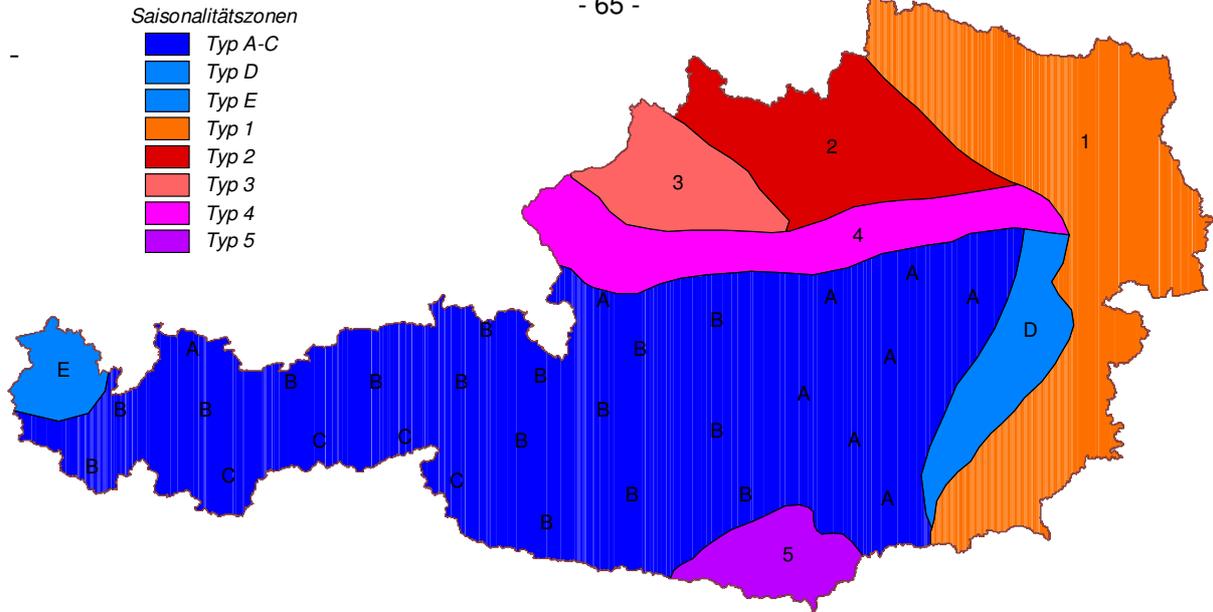


Abb. 2: Regionen annähernd homogener Niederwassersaisonalität in Österreich. Bezeichnung der Zonen siehe Abb. 3.

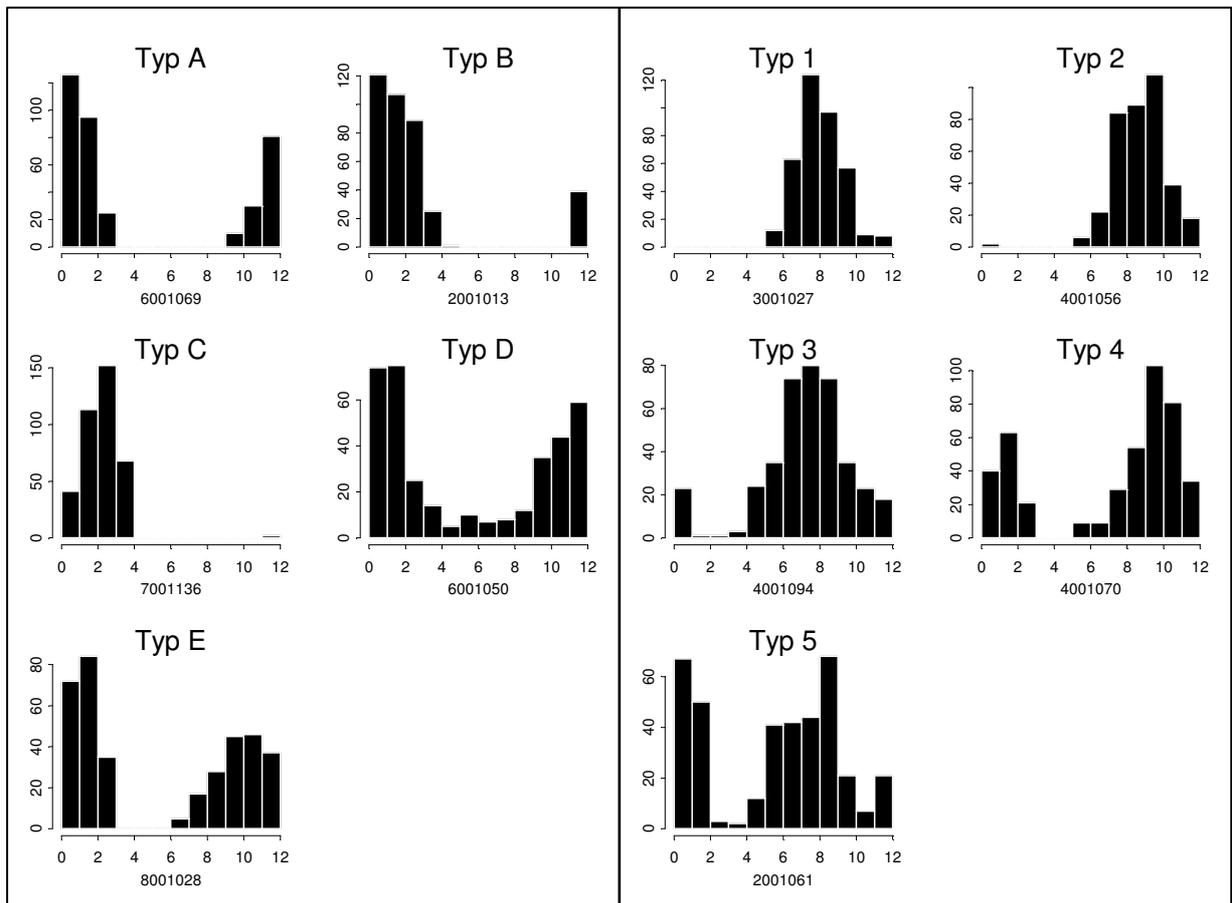


Abb. 3: Monatliche Häufigkeitsverteilungen der Tage mit Abflusspenden kleiner als Q95 für ausgewählte Pegelzugsgebiete bzw. Zwischeneinzugsgebiete. Links: Gebiete in winterbeeinflussten Regionen; Rechts: Gebiete in sommerbeeinflussten Regionen. Lage der Regionen siehe Abb. 2.

zum Wechselgebiet mit einer Nord-Süd Erstreckung von den nördlichen Kalkalpen bis Oberkärnten. Die Intensität der Saisonalität und der mittlere Auftrittszeitpunkt variieren mit

der Höhenlage der Einzugsgebiete, wobei hochalpine Gebiete die stärkste Saisonalität aufweisen. Niederwässer treten hier generell nur in den Monaten Dezember bis April auf. Der mittlere Auftrittszeitpunkt liegt in der Weststeiermark im Jänner (Typ A), in Salzburg, Oberkärnten und Nordtirol im Februar (Typ B) und in Osttirol sowie im südlichen Teil Nordtirols in der ersten Märzhälfte (Typ C). Geringere Intensitäten und einen früheren mittleren Auftrittszeitpunkt zeigen Gebiete der Oststeiermark (Typ D) sowie der Nordwesten Vorarlbergs (Typ D). Hier fallen Einzugsgebiete häufig auch im Spätsommer und Herbst trocken, wenngleich Winterniederwässer vorherrschen.

Einzugsgebiete der Zone nördlich und östlich der Alpen (Flach- und Hügelland mit einer Seehöhe von 117 bis ca. 600 m, im Mühlviertel bis ca. 1000 m) sind primär durch den Sommerniederwasserprozess geprägt. Die mittlere Seehöhe des Zwischeneinzugsgebietes, niederschlagswirksame Staueffekte der Alpen und das gegen Osten zunehmend kontinentale Klima bestimmen die jahreszeitliche Verteilung der Niederwasserereignisse. Innerhalb dieser Zone können vier Regionen mit annähernd homogener Saisonalität unterschieden werden (s. Abb. 2): (Typ 1): Einzugsgebiete im Nordosten und Osten Österreichs zeigen eine sehr stark ausgeprägte Sommersaisonalität. Niederwässer treten generell zwischen Juli und Oktober auf (mittlerer Auftrittszeitpunkt im August), nur vereinzelt sind Herbstniederwässer zu beobachten. Winterniederwässer treten äußerst selten auf und sind somit von untergeordneter Bedeutung. Eine Erklärung für die ausgeprägte Sommersaisonalität dieser Region liefert das kontinentale, teilweise pannonisch geprägte Klima mit ausgeprägt trockenen und heißen Sommern und eher kurzen, durch regelmäßige Tauwetter unterbrochenen, winterlichen Frostperioden. (Typ 2): Die saisonale Verteilung im Mühlviertel erscheint demgegenüber zeitlich etwas verzögert. Niederwässer treten primär zwischen August und November auf. Der mittlere Auftrittszeitpunkt liegt im September und lässt eine verstärkte Häufigkeit von Herbstniederwässern erkennen. Die detaillierte Saisonalitätsanalyse verschiedener Zwischeneinzugsgebiete dieser Region zeigte ein vereinzelt Auftreten von Winterniederwässern. Sie sind generell von untergeordneter Bedeutung, können lokal aber als durchaus wiederkehrend bezeichnet werden. (Typ 3): Das von Donau, Inn und Ager begrenzte Inuviertel zeigt eine deutlich breitere saisonale Verteilung als die zuvor beschriebenen Regionen. Niederwässer treten hier zwischen Mai und Dezember, vereinzelt auch im Winter und Frühjahr auf, wobei der mittlere Auftrittszeitpunkt im Zeitraum von Ende August bis Anfang September liegt. Als mögliche Ursachen für die abgeschwächte Saisonalität können sowohl die aufgrund der Nordstaulage erhöhte Niederschlagsneigung in den Sommermonaten, welche die Abschwächung meteorologischer Dürreereignisse bewirkt, sowie schlechte Speichereigenschaften der tertiären Aquifere, die mit einem raschen Trockenfallen der Einzugsgebiete zusammenhängen könnte, genannt werden. (Typ 4): Das Alpenvorland bildet eine

Übergangszone von Sommer- zur Wintersaisonalität. Zwar treten Niederwässer primär zwischen August und November auf, vielerorts sind aber auch Winterniederwässer zu beobachten. Die Saisonalität variiert lokal stärker als in den übrigen Teilregionen, der mittlere Auftrittszeitpunkt liegt in Gebieten ohne Winterbeeinflussung im September, bei Winterbeeinflussung im Oktober. Die Ursache dieser lokalen Unterschiede dürfte in der hohen Variabilität physiografischer Einzugsgebietseigenschaften, wie geologischer Aufbau, Relief und Klima, an dieser Übergangszone zwischen Flachland und Alpinem Raum liegen. Im Gegensatz zu den durchaus starken Saisonalitäten der Sommer- und Winterregionen bildet Unterkärnten mit Ausnahme der Karawanken eine sehr heterogene Region mit nur schwacher Saisonalität (Typ 5). Niederwasserspenden treten hier während des ganzen Jahres auf, wobei die jahreszeitliche Verteilung ein Maximum im August und ein Minimum in den Monaten März und April aufweist, was häufig einen Mittelwertparameter im September bis Oktober bewirkt. Die schwache Saisonalität scheint durch das Klima dieser Region (inneralpine Beckenlage mit seltenen, heftigen, aber saisonal wenig ausgeprägten Niederschlägen aus Genuatiefs) begründet zu sein.

Ein Vergleich der Niederwassersaisonalität mit der Saisonalität anderer hydrologischer Größen (Merz und Blöschl, 2003) erlaubt eine weitergehende Interpretation. Die Saisonalität der Monatsabflüsse läßt, trotz zeitlicher Unterschiede, auffallend ähnliche Muster erkennen. Hochgebirgsregionen weisen die stärkste Saisonalität auf, wobei Osttirol und der südliche Teil Nordtirols jeweils verzögerte Saisonalitäten zeigen. Winterniederwässer (Abb. 1) werden oft von Frühjahrs- oder Sommermaxima des Abflusses gefolgt (Merz und Blöschl, 2003). Die jeweils auslösenden Prozesse Schneedeckung und Schneeschmelze stehen in enger Verbindung. Unterschiede bestehen hingegen im Flach- und Hügelland nördlich und östlich der Alpen, die auf die Verschiedenartigkeit der zugrundeliegenden Prozesskombinationen zurückzuführen sein dürften.

Demgegenüber weist die Saisonalität der Monatsniederschläge eine vergleichsweise geringe räumliche Variabilität auf (Merz und Blöschl, 2003). Das jahreszeitlich frühe Niederschlagsmaximum im Osten und Nordosten Österreichs spiegelt den Einfluß des pannonischen Klimas (trockene, warme Sommer) wieder und scheint für die Ausprägung von Typ 1 der Niederwassersaisonalität verantwortlich.

## **Schlussfolgerungen**

Der klimatische Einfluss der Alpen teilt Österreich in Hinblick auf das Auftreten von Niederwasserabflüssen in eine winterbeeinflusste Zone (alpiner Raum) und eine sommerbeeinflusste Zone (Flach- und Hügelländer unter ca. 1000m Seehöhe). Die physiographische Gliederung erweist sich somit als wichtigste Einflussgröße auf die jahreszeitliche Verteilung der Niederwässer. Saisonale Muster lassen Teilregionen erkennen, deren Unterschiede primär durch verschiedene klimatische Faktoren beeinflusst werden.

Wegen der guten Interpretierbarkeit dürften die Saisonalitätskennwerte aussagekräftige Indikatoren hydrologischer Prozesse sein und scheinen deshalb als Basis für die Regionalisierung von Niederwasserkennwerten interessant. Der Wert einer Einbeziehung von Saisonalitätskenngrößen in die Regionalisierung von Niederwasserspenden ist der Gegenstand laufender Untersuchungen.

## Danksagung

Für die fachliche Betreuung der statistischen Auswertungen sei Prof. Harald Strelec (Institut für Mathematik und Angewandte Statistik, BOKU Wien) herzlich gedankt. Dank gilt weiters dem Land Oberösterreich für die finanzielle Unterstützung der Arbeiten (GZ 820011 / 89 - 2001 / Eb) sowie Dr. Josef Fürst (IWHW, BOKU Wien) für interessante Diskussionen und die Bereitstellung spezifischer GIS-Funktionalität.

## Literatur

- Behr O. (1989) Digitales Modell des Oberflächenentwässerungssystems von Österreich. Institut für Hydraulik Gewässerkunde und Wasserwirtschaft, Technische Universität Wien, Forschungsbericht **11**, Wien.
- Blöschl G., U. Piock-Ellena und R. Merz (2000) Abflußtypen-Klassifizierung als Basis für die Regionalisierung von Hochwässern. Endbericht an die Österreichische Akademie der Wissenschaften (HÖ-12/97), Feb. 2000, Institut für Hydraulik, TU Wien.
- Burn D.H. (1997) Regionalization of catchments for regional flood frequency analysis. *J. Hydrol. Engng.* **2** (2), 76-82.
- Kresser, W., R. Kirnbauer und F. Nobilis (1985) Überlegungen zur Ermittlung von Niederwasserkenngrößen. Mitteilungsblatt des Hydrographischen Dienstes in Österreich. Nr **54**, 13-47.
- Laaha, G. (2002) Modelling summer and winter droughts as a basis for estimating river low flows. In: FRIEND 2002 - Regional Hydrology: Bridging the Gap between Research and Practice (Proceedings of the Fourth International Conference held in Cape Town, South Africa, March 2002). IAHS Publ. no. **274**, 289-295.
- Mardia K. (1972) Statistics of directional data: Probability and mathematical statistics. Academic Press, London.
- Merz, R. und Blöschl, G. (2003) Saisonalität hydrologischer Größen in Österreich. Mitteilungsblatt des Hydrographischen Dienstes in Österreich. Nr **82**.
- Smakhtin V.U. (2001) Low flow hydrology: a review. *J. Hydrol.* **240**, 147-186.
- Young A.R., Round C.E., Gustard A. (2000) Spatial and temporal variations in the occurrence of low flow events in the UK. *Hydrology and Earth System Sciences* **4(I)**, 35-45.

## Anschrift der Verfasser:

Univ.Ass. Dipl.-Ing. Gregor Laaha  
Institut für Mathematik und  
Angewandte Statistik  
Universität für Bodenkultur Wien  
Gregor Mendel-Str. 33, A-1180 Wien  
e-mail: gregor.laaha@boku.ac.at

A.o.Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Günter Blöschl  
Institut für Hydraulik, Gewässerkunde und  
Wasserwirtschaft  
Technische Universität Wien  
Karlsplatz 13/223, A-1040 Wien  
e-mail: bloeschl@hydro.tuwien.ac.at

# Regionale Verteilung der Hochwasserwahrscheinlichkeiten in Österreich

Ralf Merz und Günter Blöschl

## Einleitung

Hochwasserdurchflüsse bestimmter Jährlichkeit sind grundlegende Kenngrößen für eine Reihe von Bemessungsaufgaben im Wasserbau. Liegen für ein Einzugsgebiet keine Abflussmessungen vor, ist es meist zielführend, diese Kenngrößen aus regionalen Vergleichen mit Gewässern in der Umgebung zu ermitteln. Die räumlichen Muster der Hochwasserspenden bestimmen in der Regel die Art der regionalen Übertragung und nehmen deshalb eine Schlüsselstellung ein (Merz, 2002). In Gebieten, in denen Abflussmessungen vorhanden sind, ist es oft möglich, mittels regionaler Vergleiche zuverlässigere Hochwasserkenngößen für große Jährlichkeiten (seltene Ereignisse) abzuleiten, als dies unter alleiniger Verwendung der Durchflusswerte am entsprechenden Pegel möglich ist. Für beide Anwendungsfälle ist die räumliche Verteilung der Hochwasserspenden von Interesse, besonders wenn sie in einen Zusammenhang mit den naturräumlichen Gegebenheiten gestellt werden kann.

Hochwässer können durch unterschiedliche Kennziffern charakterisiert werden. Ein übersichtliches Maß ist das erste und das zweite Moment (Mittelwert und Variationskoeffizient) der Reihe der maximalen jährlichen Durchflüsse. Diese beiden Momente sind der Gegenstand der vorliegenden Arbeit. Der Mittelwert besagt, wie groß im Durchschnitt das größte Hochwasser im Jahr ist. Der Variationskoeffizient besagt, wie unterschiedlich die Hochwässer von Jahr zu Jahr sind. In dieser Arbeit wurde der Mittelwert als Hochwasserspende (Durchfluss geteilt durch die Einzugsgebietsfläche) dargestellt und zusätzlich auf eine nominale Einzugsgebietsfläche von 100 km<sup>2</sup> normiert. Diese Normierung erleichtert die Vergleichbarkeit unterschiedlich großer Gebiete in Hinblick auf ihr Hochwasserverhalten. Die beiden Momente kennzeichnen das Hochwasserregime und dessen räumliche Verteilung. Aus diesen beiden Momenten lassen sich auch, unter Annahme einer bestimmten Verteilungsfunktion, Hochwasserdurchflüsse einer bestimmten Jährlichkeit berechnen (z.B. Schreiber, 1970). In BMLFUW (2003; Kartenblatt 5.4) sind die Momente in einer detaillierteren Karte dargestellt.

## Datengrundlage

Für die Ermittlung der Hochwasserkenngrößen wurde ein vom Hydrographischen Zentralbüro zur Verfügung gestellter Datensatz mit Beobachtungswerten der maximalen jährlichen Durchflüsse (Scheitelwerte) in Österreich verwendet. Dieser Datensatz wurde vorerst einer Plausibilitätskontrolle unterzogen und visuell auf mögliche Ausreißer untersucht. Mögliche Ausreißer wurden mit den publizierten Werten im Hydrographischen Jahrbuch verglichen, und Auskünfte von den Landesstellen des Hydrographischen Dienstes wurden eingeholt. Weiters wurden die Werte mit den Werten der Nachbarpegel am gleichen Tag verglichen. Dadurch wurden bei den meisten Pegeln die Werte im Datensatz bestätigt. Bei manchen Pegeln war eine gesicherte Korrektur möglich, anderenfalls wurden die betreffenden Pegel aus der weiteren Betrachtung ausgeklammert. Als nächster Schritt wurden mögliche anthropogene Beeinflussungen auf das Hochwasserkollektiv überprüft. Dafür wurden drei unterschiedliche Informationsquellen herangezogen. Die erste Information bestand aus Angaben des Hydrographischen Zentralbüros über Zuleitungen und Ableitungen. Wenn das Verhältnis der Einzugsgebietsfläche unter Berücksichtigung der Zu- und Ableitungen zur topographischen Gebietsfläche größer als 1.5 oder kleiner als 0.5 war, wurde das Pegeleinzugsgebiet als stark beeinflusst angesehen und aus den weiteren Betrachtung ausgeklammert (Blöschl et al., 2000). Die zweite Information betraf Seen und Stauseen. Als Stauseen wurden dabei solche Seen angesehen, die vorwiegend anthropogener Entstehung sind und operationell betrieben werden. Für diese Untersuchung wurden nur Stauseen als anthropogene Beeinflussung gewertet, da natürliche Seen einen Teil des natürlichen hydrologischen Regimes darstellen, auch wenn diese zum Teil geregelt sind. Der Einfluss der Stauseen auf das Hochwasserregime wurde gemäß Institute of Hydrology (1999) mittels des Seeindex wie folgt formuliert:

$$FARL = \prod_i \left(1 - \sqrt{A_{SE} / A_{SEG}}\right)^{A_{SEG} / A_{EG}} \quad (\text{Gl. 1})$$

wobei  $A_{SE}$  die Fläche des Stausees,  $A_{SEG}$  die Einzugsgebietsfläche des Stausees und  $A_{EG}$  die Einzugsgebietsfläche des Pegels ist, für den der FARL Index zu berechnen ist.

$\prod_i$  bedeutet das Produkt des Klammerausdruckes über alle Stauseen  $i$  innerhalb eines

Pegeleinzugsgebietes. Die Daten der Seefläche wurden dem Hydrographischen Jahrbuch sowie ÖNT (1991) entnommen. Der Seeindex ist  $FARL = 1$ , wenn das Gebiet nicht von Seen beeinflusst ist. Der Seeindex ist nahe Null, wenn das Gebiet sehr stark von Seen beeinflusst ist. Aus Vergleichen unterschiedlicher Gebiete wurde ein Grenzwert von  $FARL = 0.9$  festgelegt, ab dem ein Pegeleinzugsgebiet als stark beeinflusst angesehen werden kann. Gebiete mit  $FARL < 0.9$  wurden aus der weiteren Betrachtung ausgeklammert. Die dritte Information bestand aus der topographischen Karte 1 : 50 000 (ÖK50). Anhand der Karte

wurde für sämtliche Pegelzugsgebiete festgestellt, ob Stauanlagen existieren und damit die zuvor ermittelten Zu- und Ableitungen sowie der Seeindex überprüft. Schließlich wurden nur solche Hochwasserreihen für die weiteren Auswertungen verwendet, für die mindestens 4 Jahre Daten vorlagen und die eine Einzugsgebietsfläche von mindestens 10 km<sup>2</sup> besaßen. Nach diesen Vorarbeiten stand ein Datensatz von maximalen jährlichen Hochwasserabflüssen an insgesamt 698 Stationen zur Verfügung, die als unbeeinflusst oder gering anthropogen beeinflusst angesehen werden können. Die Reihenlänge liegt zwischen 4 und 48 Beobachtungsjahren (von frühestens 1950 bis 1997) mit einem Median von 22 Jahren. Damit enthält der hier verwendete Datensatz insgesamt ca. 150 000 Stationsjahre.

## **Berechnung der statistischen Hochwasserkenngrößen**

Wenn das mittlere jährliche Hochwasser auf Basis kurzer Reihen berechnet wird, können klimatische Schwankungen einen erheblichen Einfluss auf den ermittelten Wert besitzen. Oft treten Jahre mit großen Hochwässern unmittelbar hintereinander auf und umgekehrt existieren auch Perioden, in denen über Jahrzehnte keine großen Hochwässer auftreten (siehe z.B. Mandelbrot and Wallis, 1968). Zur Vergleichbarkeit von benachbarten Stationen mit einem unterschiedlichen Beobachtungszeitraum und für eine zuverlässigere Abschätzung der in der Zukunft zu erwartenden Werte wurde hier eine Klimakorrektur des mittleren jährlichen Hochwassers eingeführt. Eine Korrektur wurde nur für Stationen mit einer Reihenlänge von weniger als 15 Jahre angebracht, da für größere Reihenlängen der Einfluss der Reihenlänge vergleichsweise gering ist. Die Korrektur erfolgte in Anlehnung an Institute of Hydrology (1999, Vol. 3, Seiten 212-224) in drei Schritten. Im ersten Schritt wurden für jede zu korrigierende Station solche Nachbarstationen ausgewählt, die zur Korrektur herangezogen werden können. Die Auswahl erfolgte auf Basis von drei Kriterien: Distanz zur zu korrigierenden Station kleiner als 60 km; Reihenlänge der Station größer als die Reihenlänge der zu korrigierenden Station, Verhältnis der Einzugsgebietsflächen der Station und der zu korrigierenden Station zwischen 0.1 und 10. Im zweiten Schritt wurde der Spearman Rangkorrelationskoeffizient (Press et al., 1993, Seite 490) zwischen den Hochwasserscheiteln der zu korrigierenden Station und den in Schritt 1 ausgewählten Stationen für die überlappenden Jahre berechnet. Nur die 5 Nachbarstationen mit den größten Rangkorrelationskoeffizienten wurden für die Korrektur verwendet. Im dritten Schritt wurde vorerst das unkorrigierte mittlere Jahreshochwasser für jede Station ermittelt zu

$$Q = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n Q_j \quad (\text{Gl. 2})$$

wobei  $Q_j$  der maximale jährliche Hochwasserdurchfluss im Jahr  $j$  und  $n$  die Reihenlänge sind. Sodann wurde das klimakorrigierte mittlere Jahreshochwasser für eine Station aus den Nachbarstationen  $i$  wie folgt berechnet:

$$Q_{korr} = \prod_{i=1}^5 (Q_{korr}^{(i)})^{w_i / \sum w_i} \quad (\text{Gl. 3})$$

$Q_{korr}^{(i)}$  ist dabei ein Zwischenergebnis, bei dem nur eine Nachbarstation verwendet wurde, und  $w_i$  ist das einer Nachbarstation zugeordnete Gewicht:

$$w_i = (1 - d_i / 120)n_0(n_i - n_0) \quad (\text{Gl. 4})$$

wobei  $d_i$  die Distanz zwischen Nachbarstationen (km) und der zu korrigierenden Station ist,  $n_i$  ist die Reihenlänge der Nachbarstation (Jahre) und  $n_0$  ist die Länge der zeitlichen Überlappung der beiden Reihen (Jahre). Bei der Bestimmung von  $Q_{korr}^{(i)}$  wurden zwei Fälle unterschieden. Wenn die Beobachtungsreihe der zu korrigierenden Station zeitlich vollständig innerhalb der Beobachtungsreihe der Nachbarstation liegt, wurde  $Q_{korr}^{(i)}$  berechnet aus:

$$Q_{korr}^{(i)} = Q(Q_i / Q_{i0})^{M(r)} \quad (\text{Gl. 5})$$

$Q$  ist das unkorrigierte mittlere jährliche Hochwasser der Station,  $Q_i$  ist das mittlere jährliche Hochwasser der Nachbarstation  $i$ ,  $Q_{i0}$  ist das mittlere jährliche Hochwasser der Nachbarstation  $i$  berechnet nur aus den Jahren, in denen die beiden Reihen überlappen, und

$$M(r) = \frac{(n_0 - 3)r^3}{(n_0 - 4)r^2 + 1} \quad (\text{Gl. 6})$$

wobei  $r$  der Rangkorrelationskoeffizient ist. Wenn die Beobachtungsreihe der zu korrigierenden Station zeitlich nicht vollständig innerhalb der Beobachtungsreihe der Nachbarstation liegt, wurde  $Q_{korr}^{(i)}$  berechnet aus:

$$Q_{korr}^{(i)} = (Q_i / Q_{i0})^{\frac{M(r)n_i}{n_t}} Q_0^{\frac{n}{n_t} \frac{n_i - n_0}{n_t}} \quad (\text{Gl. 7})$$

wobei  $n$  die Reihenlänge der zu korrigierenden Station ist und

$$n_t = n + n_i - n_0 \quad (\text{Gl. 8})$$

Das Ergebnis der Korrektur ist in Abbildung 1 dargestellt als Verhältnis  $Q_{korr} / Q$  aufgetragen gegen die Reihenlänge  $n$ . Daraus ist zu erkennen, dass bei etwa zwanzig Stationen das mittlere jährliche Hochwasser durch die Korrektur um mehr als 10% des Originalwertes reduziert oder erhöht wird. Bei den restlichen Stationen ist die Korrektur kleiner. Diese Ergebnisse stimmen qualitativ mit den Erfahrungen in Großbritannien (Institute of Hydrology, 1999) überein.

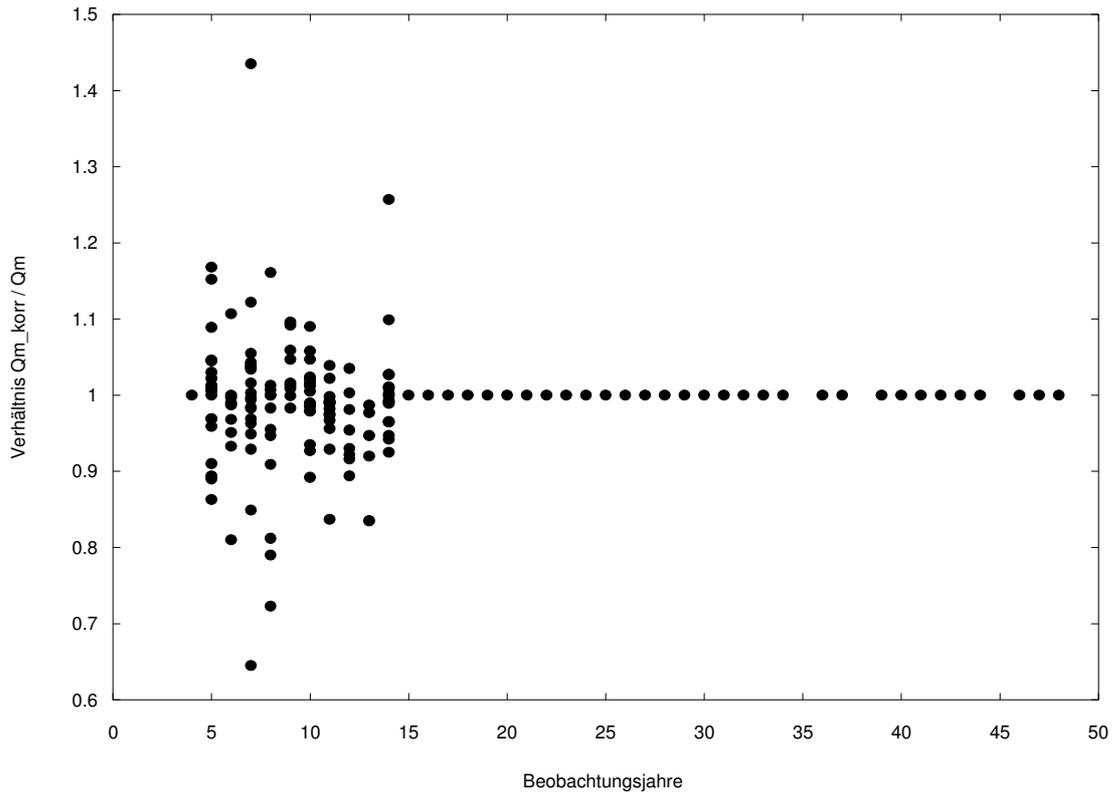


Abb. 1: Verhältnis des korrigierten und unkorrigierten mittleren jährlichen Hochwassers,  $Q_{korr} / Q$ , für 698 Stationen aufgetragen gegen die Reihenlänge.

Für eine räumliche Darstellung ist nun zu entscheiden, welche statistischen Kenngrößen der Hochwässer dargestellt werden sollen. Hochwasserdurchflüsse nehmen wegen der zunehmenden Gebietsfläche und den damit verbundenen zunehmenden Wasservolumina i.a. entlang eines Flusslaufes zu. Hochwasserspenden nehmen hingegen meist entlang eines Flusslaufes bzw. mit der Einzugsgebietsfläche ab. Dies ist ein Skaleneffekt, der sich aus der Aggregation räumlich variabler Abflüsse aus Teilgebieten ergibt und mit der Varianzreduktion bei Mittelbildung zusammenhängt (Blöschl, 1996; Merz et al., 2000). Beide generell anzutreffenden Effekte sind in dieser Untersuchung nicht von Interesse, sondern die vom generellen Trend abweichenden räumlichen Unterschiede, d.h. die Muster in den statistischen Hochwasserkenngrößen zufolge räumlicher Unterschiede in der Niederschlagsverteilung und in den Gebietseigenschaften. Ausgehend von diesen Überlegungen wurde deshalb für das mittlere jährliche Hochwasser eine Flächenreduktion eingeführt, die die vom generellen Skalentrend abweichenden Muster sichtbar macht. Das mittlere jährliche Hochwasser wurde auf eine hypothetische Einzugsgebietsfläche von 100 km<sup>2</sup> bezogen und als Abflussspende ausgedrückt:

$$Q_{(100)} = Q_{korr} \cdot A_{EG}^{-0.75} \cdot 100^{-0.25} \quad (\text{Gl. 9})$$

wobei  $A_{EG}$  die Einzugsgebietsfläche des Pegels ( $\text{km}^2$ ) ist.  $Q_{(100)}$  ist die auf  $100 \text{ km}^2$  normierte mittlere Hochwasserspense, welche in Abbildung 2 als Kreise verschiedener Größe dargestellt wurde. Nach Ablesen der Größe lässt sich der Hochwasserdurchfluss rückrechnen aus:

$$Q_{\text{kor}} = Q_{(100)} \cdot A_{EG}^{0.75} \cdot 100^{0.25} \quad (\text{Gl. 10})$$

Der Variationskoeffizient  $CV$  wurde berechnet als

$$CV = \frac{\sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n (Q_j - Q)^2}}{Q} \quad (\text{Gl. 11})$$

und wurde in Abbildung 2 farbig dargestellt. Da Skaleneffekte des Variationskoeffizienten weniger universell sind (Blöschl and Sivapalan, 1997), wurde für den Variationskoeffizienten keine Flächenreduktion eingeführt.

## Ergebnisse und Diskussion

Die normierte mittlere Hochwasserspense  $Q_{(100)}$  (Gl. 9) ist in Abbildung 2 als Größe der Kreise dargestellt. Große Kreise entsprechen großen Hochwasserspensen. Der Variationskoeffizient  $CV$  (Gl. 11) ist als Farbe der Kreise symbolisiert. Gelb entspricht kleinen Variationskoeffizienten ( $CV < 0.4$ ), d.h. die Jahreshochwässer sind in allen Jahren ähnlich. Blau entspricht den größten Variationskoeffizienten ( $CV > 1.1$ ), d.h. es treten in diesem Gebiet sowohl ziemlich kleine als auch sehr große Hochwässer auf. Für Reihen kürzer als 10 Jahre ist der Variationskoeffizient wegen seiner verhältnismäßig großen Unsicherheit nicht dargestellt (graue Kreise). Hochwasserkenngößen für Pegel mit Einzugsgebietsflächen größer als  $10\,000 \text{ km}^2$  sind in der Abbildung nicht eingezeichnet, da sie nicht die hier untersuchten räumlichen Muster, sondern den aggregierten Effekt über eine große Fläche beschreiben. Es handelt sich dabei um Pegel an der Donau, einen Pegel am Inn

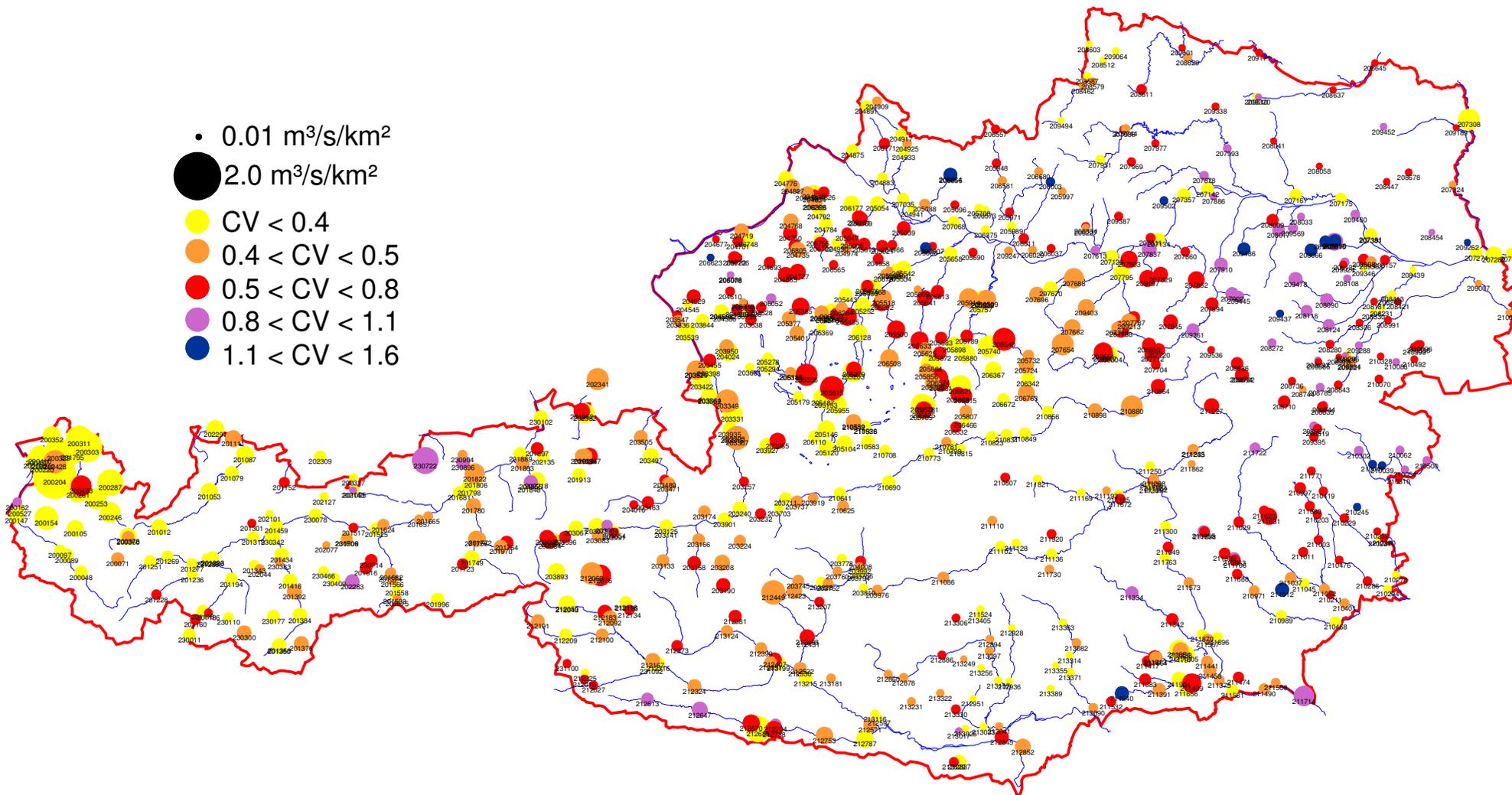


Abb. 2: Mittlere jährliche Hochwasserspende ( $\text{m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ ) (Größe der Kreise) und Variationskoeffizient (Farbe der Kreise) für Einzugsgebiete kleiner  $10\,000\text{km}^2$ . Die Hochwasserspende ist auf eine Gebietsfläche von  $100\text{ km}^2$  normiert. Für Reihen kürzer als 10 Jahre ist der Variationskoeffizient wegen seiner verhältnismäßig großen Unsicherheit nicht dargestellt (graue Kreise).

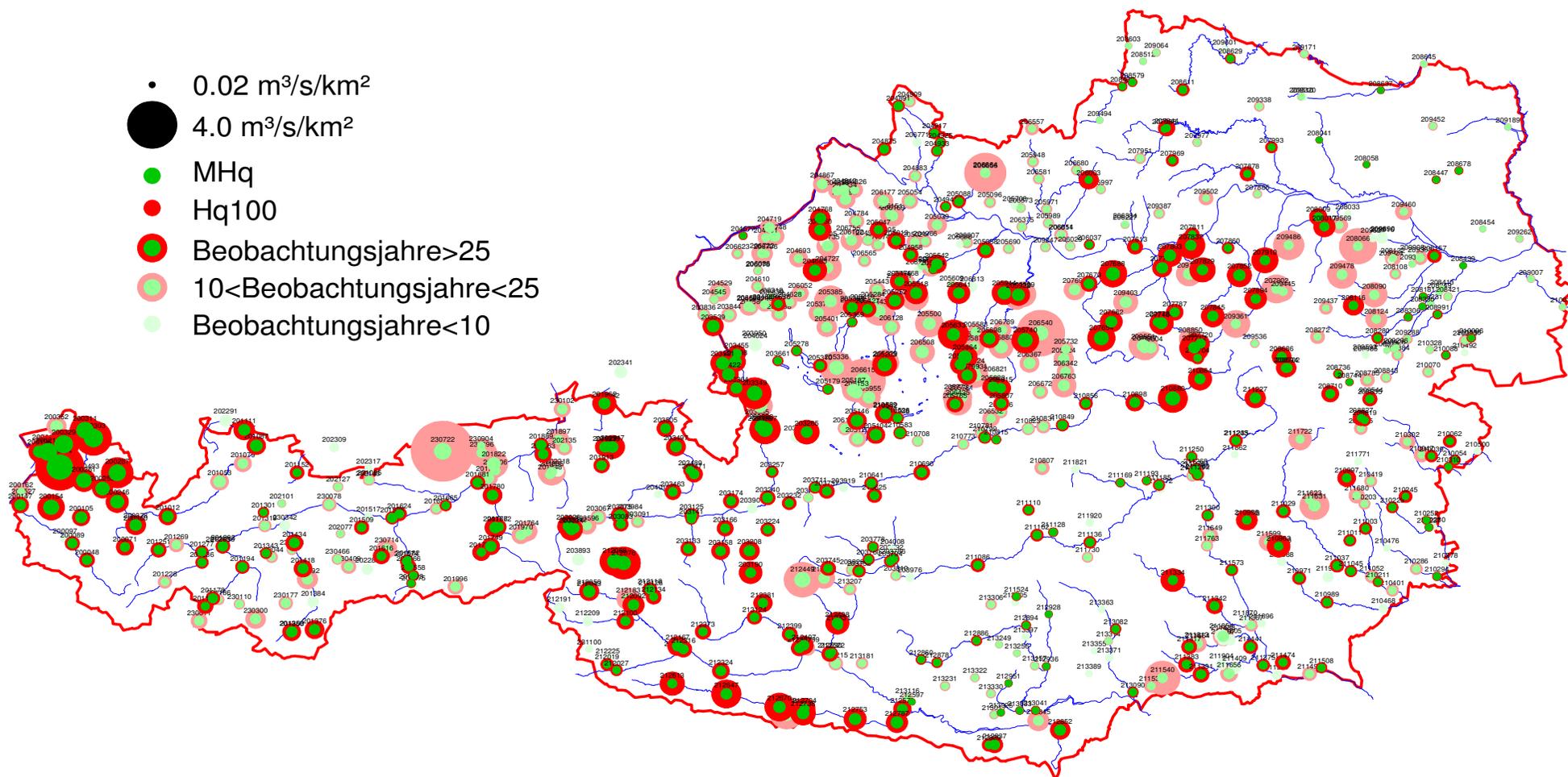


Abb. 3: Mittlere jährliche Hochwasserspende ( $\text{m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ ) (grün) und 100-jährliche Hochwasserspende ( $\text{m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ ) (rot) für Einzugsgebiete kleiner 10 000 $\text{km}^2$ . Alle Hochwasserspenden sind auf eine Gebietsfläche von 100  $\text{km}^2$  normiert. Werte, die auf Basis kurzer Reihen abgeleitet wurden, sind heller dargestellt.

und zwei Pegel an der March. Die Hochwasserkenngößen dieser Pegel sind in Tabelle 1 angegeben.

Bei einigen Pegeln traten "Ausreißer" auf, d.h. der größte Hochwasserabfluss der Beobachtungsreihe war wesentlich größer als der zweitgrößte Wert. Durch die Plausibilitätskontrolle wurde sichergestellt, dass es sich dabei um seltene Ereignisse hydrologischen Ursprungs und nicht um Datenfehler handelt. Derartige Ausreißer bewirken deutlich größere mittlere Hochwasserspendsen und viel größere Variationskoeffizienten als das gleiche Kollektiv ohne Ausreißer. Da es sich um ein zufälliges Auftreten dieser sehr großen Ereignisse innerhalb der Beobachtungsperiode handelt, das nicht in das regionale Bild passt, wurden die Werte dieser Pegel in Tabelle 2 zusätzlich angeführt. Ein Beispiel ist der Pegel Unterweißenbach an der Kleinen Naarn im Mühlviertel, bei dem der größte beobachtete Hochwasserabfluss in der Beobachtungsperiode bis 1997 58 m<sup>3</sup>/s betrug (aufgetreten am 19. Juni 1986), der zweitgrößte jedoch nur 14 m<sup>3</sup>/s (Tabelle 2). Bei ausschließlicher Betrachtung der Abbildung 2 entsteht der Eindruck, dass im Mühlviertel keine sehr großen Hochwässer zu erwarten sind (mittlere Hochwasserspende  $Q_{(100)}$  zwischen 0.10 und 0.15 m<sup>3</sup>/s/km<sup>2</sup>, Variationskoeffizient um 0.5). Tatsächlich sind jedoch ähnlich große Ereignisse wie das Ereignis 1986 auch in den Nachbargebieten mit einer ähnlichen hydrologischen Situation möglich. Dies gilt auch für die anderen in Tabelle 2 dargestellten Pegel.

	Pegel Gewässer	Nr	Fläche km <sup>2</sup>	Jahre	$Q_{(100)}$ m <sup>3</sup> /s/km <sup>2</sup>	CV -
Hohenau a.d.March	March	207308	24138	12	0.074	0.39
Angern a.d.March	March	207324	25624	47	0.074	0.41
Schärding	Inn	204776	25664	47	0.460	0.32
Wehrstelle K.W.Aschach	Donau	207035	78190	21	0.289	0.21
Linz	Donau	207068	79490	28	0.282	0.31
Ybbs a.d.Donau	Donau	207126	92464	6	0.371	0.17
Melk	Donau	207134	94813	22	0.347	0.22
Kienstock	Donau	207357	95970	22	0.351	0.24
Stein-Krems	Donau	207142	96045	25	0.339	0.27
Tulln	Donau	207167	100013	7	0.338	0.21
Greifenstein	Donau	207175	100344	14	0.306	0.24
Wien	Donau	207191	101731	46	0.324	0.23
Wien (Reichsbrücke)	Donau	207381	101731	20	0.295	0.25
Hainburg a.d.Donau	Donau	207274	104178	23	0.311	0.30
Bratislava	Donau	207399	131244	17	0.269	0.25
Wolfsthal	Donau	207282	131411	11	0.272	0.20

Tabelle 1. Hochwasserkenngößen für Pegel mit Einzugsgebietsflächen größer als 10 000 km<sup>2</sup>.  $Q_{(100)}$  ist die auf 100 km<sup>2</sup> normierte mittlere Hochwasserspende, CV ist der Variationskoeffizient. Daten bis einschließlich 1997 wurden berücksichtigt.

Pegel	Gewässer	Nr	Fläche km <sup>2</sup>	Jahre	$Q_{(100)}$ m <sup>3</sup> /s/km <sup>2</sup>	CV -	$Q_{max}$ m <sup>3</sup> /s	$Q_{max-1}$ m <sup>3</sup> /s
Meiningen	Ehbach	200162	39	12	0.161	1.09	34	14
Steinbruchbrücke	Kelchsauer Ache	201855	137	20	0.384	0.84	195	92
Scharnitz	Gießenbach	202143	65	11	0.054	1.05	16	3
Unterweißenbach	Kleine Naarn	206003	37	27	0.146	1.52	58	14
Pechgraben	Pechgraben	206540	25	18	0.838	0.76	103	59
Österlehen	Enknach	206623	114	15	0.057	1.57	40	10
Dürrachsperr	Dürrach	230722	55	16	1.054	0.82	262	90

Tabelle 2. Hochwasserkenngößen für Pegel mit "Ausreißern", d.h. bei denen der größte Wert des Hochwasserkollektivs ( $Q_{max}$ ) wesentlich größer ist als der zweitgrößte Wert ( $Q_{max-1}$ ). Diese Pegel sind in Abbildung 2 nicht dargestellt.  $Q_{(100)}$  ist die auf 100 km<sup>2</sup> normierte mittlere Hochwasserspende, CV ist der Variationskoeffizient. Daten bis einschließlich 1997 wurden berücksichtigt.

## Normierte mittlere Hochwasserspende

Die größten mittleren Hochwasserspenden Österreichs sind im Bregenzerwald anzutreffen. Werte von  $Q_{(100)}$  größer als  $1 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}^2$  treten auf an der Rotach, Bregenzer Ach, Weissach, Dornbirner Ach und der Subersach. Diese sehr hohen Abflussspenden sind vor allem mit der Überregnung in Verbindung zu bringen. Bei Westwetterlagen treten Staueffekte am Nordrand der Alpen auf, die oft zu ausgiebigen Niederschlägen führen. Auch die Bodenverhältnisse und die geologischen Verhältnisse des Flyschs tragen zu diesen hohen Abflussspenden bei. Weiter im Süden des Bundeslandes Vorarlberg sind die Hochwasserspenden wesentlich geringer, da dort die Einzugsgebiete orographisch deutlich geschützter liegen. An der Lutz, Alfenz und Ill im Süden Vorarlbergs betragen die Hochwasserspenden höchstens die Hälfte der Werte im Bregenzerwald.

Große mittlere Hochwasserspenden treten am gesamten Nordrand der Alpen vom Bregenzerwald bis zum Ötschergebiet auf. Die meisten Gebiete weisen Abflussspenden von über  $0.4 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}^2$  auf, manche Gebiete sogar von über  $0.6 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ . Die rechtsufrigen Salzachzubringer im Tennengau, wie etwa die Lammer, besitzen Werte größer als  $0.6 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ . Die Einzugsgebiete im Oberlauf der Traun, der Steyr und der Ybbs besitzen ähnlich große Werte. Ähnlich wie im Bregenzerwald sind hier vor allem die Staueffekte des Niederschlags maßgebend an den hohen Abflussspenden beteiligt.

Weitere Vorfluter mit großen mittleren Hochwasserspenden sind die Gail und die rechtsufrigen Zubringer aus den Karnischen Alpen mit Spenden zwischen  $0.4$  und  $0.6 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ . Weiter im Osten in den Karawanken bis hin zur Südweststeiermark an Vorflutern wie der Sulm und der Laßnitz sind die Hochwasserspenden nahezu ebenso groß. Hier tragen vor allem Niederschläge in Verbindung mit Wetterlagen aus dem Mittelmeerraum zu den großen Hochwässern bei. Große mittlere Hochwässer treten auch an einigen Vorflutern in den hochalpinen Gebieten südlich des Alpenhauptkammes auf, wie etwa dem Tauernbach in Osttirol und am Oberlauf der Malta.

Die kleinsten mittleren Hochwasserspenden treten in Ostösterreich mit Werten von  $Q_{(100)}$  kleiner als  $0.1 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}^2$  auf. Im Südlichen Wiener Becken (Fischa, Leitha) und im Burgenland an der Wulka sind die Spenden sehr klein, ebenso im Marchfeld und im Weinviertel (z.B. Pulkau, Schmida, Zaya, Rußbach). Diese kleinen Werte hängen sowohl mit den wenig ausgiebigen Niederschlägen als auch mit den vergleichsweise trockenen Gebietsverhältnissen zusammen, die sehr geringe Abflussbeiwerte bei Hochwässern bedingen (Merz, 2002). In manchen dieser Einzugsgebiete sind die kleinen Hochwasserspenden auch auf den großen Grundwasseranteil am Abflussgeschehen zurückzuführen. Kleine Hochwasserspenden treten auch im Lainsitzgebiet auf, das durch relativ geringe Niederschläge gekennzeichnet ist. Schließlich treten Hochwasserspenden

von  $Q_{(100)}$  kleiner als  $0.1 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}^2$  in Ostkärnten auf, vor allem an der Gurk und der Glan und deren Zubringer. Dies hängt mit der orographisch geschützten Lage und mit einem großen Grundwasseranteil an der Abflussbildung zusammen.

## Variationskoeffizient

Die Variationskoeffizienten der Jahreshochwässer zeigen ein völlig anderes Bild als die mittleren Hochwasserspenden (Abbildung 2). Die größten Variationskoeffizienten treten im Osten Österreichs auf. Sehr große Werte ( $CV > 0.8$  und manchmal sogar  $> 1.1$ ) sind im Wienerwald an den nach Osten entwässernden Gewässern wie der Piesting, der Triesting, der Schwechat, der Wien und deren Zubringer anzutreffen. Die nach Norden entwässernden Vorfluter des Wienerwalds etwas weiter im Westen, wie die Traisen und die Tulln, weisen ebenso hohe Variationskoeffizienten auf. Gewittertätigkeit in Verbindung mit einer durch Flysch gekennzeichneten Geologie sind die hydrologischen Ursachen für diese derart hohen Variationskoeffizienten.

Sehr große Werte des Variationskoeffizienten treten auch im Südburgenland (Rabnitz, Stober Bach), im südlichen Niederösterreich (Pitten im Wechselgebiet) und der Oststeiermark (Oberlauf der Raab) auf. Diese Gegenden sind durch eine massive Gewittertätigkeit bekannt (siehe z.B. Gutknecht und Watzinger, 1995). Es ist interessant, dass in diesen Gebieten die großen Variationskoeffizienten eher kleinen mittleren Abflussspenden gegenüberstehen. Noch stärker ist der Kontrast im Marchfeld mit sehr kleinen mittleren Spenden aber verhältnismäßig großen Variationskoeffizient (z.B. Rußbach:  $CV > 0.8$  ). Hier übt eine rege Gewittertätigkeit einen beachtlichen Einfluss auf das Hochwasserregime unter sonst eher trockenen Einzugsgebietsbedingungen aus.

Schließlich zeigt die Gail große Variationskoeffizienten ( $CV > 0.8$ ) bei gleichzeitig ziemlich großen mittleren Hochwasserspenden. Diese großen Werte des Variationskoeffizienten sind zurückzuführen auf die vom Mittelmeerraum beeinflussten Hochwasserwetterlagen großer Variabilität der Niederschlagsintensitäten.

Die kleinen Werte des Variationskoeffizienten zeigen ein weniger markantes Bild. Sehr kleine Variationskoeffizient ( $CV < 0.3$ ) treten im Bregenzerwald auf. Dies steht im Gegensatz zu den sehr großen mittleren Hochwasserspenden und bedeutet, dass dort die Jahreshochwässer immer groß sind mit einer kleinen Streuung zwischen den Jahren. Einerseits ist dieses Verhalten auf das Niederschlagsregime zurückzuführen, andererseits auch auf die Bodenfeuchte und den damit verbundenen meist hohen Abflussbeiwerten.

Aus völlig anderen hydrologischen Vorbedingungen ergeben sich die kleinen Variationskoeffizienten an den von Grundwasser beeinflussten Vorflutern (z.B. Fischa im Südlichen Wiener Becken) und an den von Seeretention beeinflussten Vorflutern wie etwa im Salzkammergut. Auch die Gewässer, die die großen Flusseinzugsgebiete Österreichs entwässern, besitzen durchwegs eher kleine Variationskoeffizienten. Für die Donau liegen

die Variationskoeffizienten um 0.25 (Tabelle 1). Auch für den Inn, die Salzach und die Mur sind die Variationskoeffizienten durchwegs kleiner als 0.4.

### **Hochwasserspenden bestimmter Jährlichkeit**

Während die getrennte Analyse von mittleren Hochwasserspenden und Variationskoeffizienten interessante Rückschlüsse auf den Einfluss naturräumlicher Gegebenheiten auf das Hochwasserregime zulässt, erlaubt die gleichzeitige Analyse dieser Momente einen Aufschluss über die Größenordnung von Hochwasserspenden bestimmter Jährlichkeit (wie das zehnjährliche oder das hundertjährige Hochwasser, Hq10, Hq100) sowie über die damit verbundenen hydrologischen Bedingungen.

In Abbildung 3 ist das mittlere jährliche Hochwasser (in grün) und das hundertjährige Hochwasser (in rot) als normierte Spende aufgetragen. Werte, die auf Basis kurzer Reihen abgeleitet wurden, sind heller dargestellt. Die hundertjährigen Hochwässer wurden dabei aus den beiden Momenten unter Zugrundelegung einer Gumbelverteilung bestimmt (Schreiber, 1970). Im Bregenzerwald treten sehr große mittlere Hochwasserspenden auf. Zwar sind die Variationskoeffizienten klein, doch weist hier das hundertjährige Hochwasser die größten Werte in Österreich auf. In den Karnischen Alpen (Gail und Zubringer) sind die Variationskoeffizienten groß und die mittleren Spenden sind ebenfalls groß. Das hundertjährige Hochwasser weist hier die zweitgrößten Werte Österreichs auf. Am Nordrand der Alpen vom Salzkammergut bis zum Wienerwald treten ebenfalls große Hochwasserspenden auf. Vom Salzkammergut bis zum Ötztalgebiet sind sie vor allem auf die großen mittleren Spenden zurückzuführen, im Wienerwald hingegen auf die großen Variationskoeffizienten. Die kleinsten hundertjährigen Hochwässer treten auf, wenn sowohl die mittlere Hochwasserspende als auch der Variationskoeffizient klein sind. Dies ist der Fall in den Beckenlandschaften Österreichs wie dem Südlichen Wiener Becken und im Marchfeld, aber auch im Weinviertel. Auch an der Gurk und Glan in Kärnten sind beide Momente und damit die Hochwässer bestimmter Jährlichkeit sehr klein.

### **Danksagung**

Sämtliche Grunddaten wurden vom Hydrographischen Zentralbüro zur Verfügung gestellt, wofür herzlich gedankt wird. Die Arbeiten wurden finanziell unterstützt durch das Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (Zahl 43.004/07-IV 3/2000), durch die Österreichische Akademie der Wissenschaften (Projekte HÖ12, HÖ18) sowie durch den Fonds zur Förderung der Wissenschaftlichen Forschung (Projekt P14478-TEC).

### **Literatur**

Blöschl, G. (1996) Scale and Scaling in Hydrology (Habilitationsschrift). Wiener Mitteilungen, Wasser-Abwasser-Gewässer, Band 132, Institut für Hydraulik, TU Wien, 346 pp.

- Blöschl, G. und M. Sivapalan (1997) Process controls on regional flood frequency: Coefficient of variation and basin scale. *Water Resources Research*, 33 (12), pp. 2967-2980.
- Blöschl, G., U. Piock-Ellena und R. Merz (2000) Abflußtypen-Klassifizierung als Basis für die Regionalisierung von Hochwässern Endbericht an die Österreichische Akademie der Wissenschaften (HÖ-12/97), Feb. 2000, Institut für Hydraulik, TU Wien.
- BMLFUW (2003) Hydrologischer Atlas von Österreich. Erste Lieferung. Österreichischer Kunst- und Kulturverlag, Wien.
- Gutknecht, D. und A. Watzinger (1995) Untersuchungen zur Erfassung und quantitativen Abschätzung von abflußrelevanten Faktoren bei der Ermittlung von Katastrophen-Hochwasserereignissen in kleinen Einzugsgebieten (<200km<sup>2</sup>). Techn. Bericht. Inst. f. Hydraulik, TU Wien.
- Institute of Hydrology (IH) (1999) Flood Estimation Handbook. Institute of Hydrology, Wallingford.
- Mandelbrot B.B. und J.R. Wallis (1968) Noah, Joseph, and operational hydrology. *Water Resour. Res.*, 4, 909-918.
- Merz, R. (2002) Understanding and estimating flood probabilities at the regional scale. *Wiener Mitteilungen, Wasser-Abwasser-Gewässer*, Band 181, Institut für Hydraulik, TU Wien, 193pp.
- Merz, R., U. Piock-Ellena, G. Blöschl & R. Kirnbauer (2000) Skalierungsprobleme bei der Regionalisierung von Hochwässern. Endbericht an die Österreichische Akademie der Wissenschaften (HÖ-18), Okt. 2000, Institut für Hydraulik, TU Wien.
- ÖNT (Österreichisches Nationalkomitee für Talsperren) und Österreichische Staubeckenkommission (1991) Dams in Austria. Band 32 der Serie *Die Talsperren Österreichs*, Wien.
- Press, W. H., B. P. Flannery, S. A. Teukolsky, W. und T. Vetterling (1989) *Numerical Recipes (FORTRAN Version)*. Cambridge University Press, 702 pp.
- Schreiber , H. (1970) Über Methoden zur Berechnung der n-Jährlichkeit von Hochwässern. *Österr. Wasserwirtschaft*, 22, 138-153.

## **Anschrift der Verfasser:**

Dipl.-Ing. Dr.techn. Ralf Merz  
A.o.Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Günter Blöschl  
Institut für Hydraulik, Gewässerkunde und Wasserwirtschaft  
Technische Universität Wien  
Karlsplatz 13/223, A-1040 Wien  
e-mail: merz@hydro.tuwien.ac.at

# Konvektive Starkniederschläge kurzer Dauer

G.Skoda, V.Weilguni und T.Haiden

## Einleitung und Zielsetzung

Der vorliegende Beitrag umfasst die vollständige Version des Erläuterungstextes zu den Kartentafeln 2.5, 2.6 und 2.7 im *Hydrologischen Atlas von Österreich* (HAÖ, 2003).

Die dort dargestellten Starkniederschlagswerte sind aus Studien über Bemessungsniederschläge auf der Fläche für kurze Dauerstufen (Andauer  $\leq 12$  Stunden) entnommen bzw. daraus ableitbar (LORENZ und SKODA, 2000, 2001). Die genannten Studien schließen ihrerseits an die Überlegungen und Vorgaben der im Rahmen des Projektes ÖKOSTRA (Österreichische **koordinierte Starkniederschlagsregionalisierung und –auswertung**; ÖKOSTRA-93, 1992; HAIDEN, 1994; HAMMER, 1993; SKODA, 1993; SKODA, 2001) erarbeiteten Vorgangsweise zur extremwertstatistischen Abschätzung von Niederschlägen an.

Gegenstand der Extremwertstatistik allgemein sind selten auftretende Ereignisse. Im vorliegenden Fall wird zunächst nach der Größe von Niederschlagshöhen  $h_N$  gefragt, die nur mit geringer Wahrscheinlichkeit  $P$  an vorgegebenen Standorten *erreicht oder überschritten* werden. Man kann somit  $h_N$  als eine (sehr hohe, aber) *untere* Mengen-Schranke auffassen. Es besteht ferner pro Station eine theoretische Wahrscheinlichkeit von etwa 40 Prozent dafür, dass ein korrekt berechnetes  $T=100$ -Ereignis bereits in 50 Jahren einmal erreicht oder übertroffen wird (DEISENHOFER, 1984). Es ist üblich, den Kehrwert dieser Überschreitungswahrscheinlichkeit  $P \ll 1$  unter der Bezeichnung „*Wiederkehrzeit T* (in Jahren)“ anzugeben. Die Einordnung einer Niederschlagsmenge von beispielsweise 40 mm (in 15 Minuten gefallen) als ein Ereignis der Wiederkehrzeit  $T = 100$  Jahre ist nach dem oben gesagten daher keine Vorhersage für das Eintreten *dieses* Niederschlagswertes zu einem *bestimmten* Zeitpunkt. Es handelt sich vielmehr um eine Wahrscheinlichkeitsangabe, die als Planungsgrundlage zur Risikoabschätzung über längere Bemessungszeiträume hinweg dient.

## Methodik

Bei der Erstellung von Starkniederschlagskarten sind aus den jeweiligen Einzugsgebieten grundsätzlich alle vorhandenen Niederschlagsdaten, wie etwa ungeprüfte Messwerte, aufbereitetes Material oder bereits in die Datenbank aufgenommene digitalisierte Niederschlagsgrößen zu nutzen. Wenn die erforderlichen Voraussetzungen erfüllt sind, kann nach den Richtlinien von ÖKOSTRA der für die gewünschte Dauerstufe  $D$  und die gewählte Wiederkehrzeit  $T$  die Höhe eines zugehörigen Bemessungsniederschlags  $h_N$  ermittelt

werden: Siehe Gleichung (3).  $D$  bezeichnet die jeweilig ausgewertete Andauer von Niederschlägen in Minuten;  $T$  kann als mittlere Zahl von Jahren verstanden werden, innerhalb derer ein bestimmtes Niederschlagsereignis der Größe  $h_N$  eintritt oder überschritten wird.

Diese Werte gelten für einzelne Ortspunkte; bei ausreichend hoher Datendichte kann man versuchen, Starkniederschläge innerhalb a priori definierter Flächen zu berechnen.

Bei der Bearbeitung kleiner Einzugsgebiete bzw. im alpinen Gelände werden die erforderlichen Beobachtungsdaten häufig fehlen. Auch im Flachland weist das Feld zeitlich hochaufgelöster Daten gebietsweise noch große Lücken auf. Wir werden somit in der Praxis im Regelfall mit inadäquaten Daten konfrontiert. Unter diesen Voraussetzungen erscheint es sinnvoll, die gesuchten fehlenden Niederschlagswerte räumlich hochauflösenden meteorologischen Modellen zu entnehmen.

Folgender Weg wurde beschritten: Ein geeignetes meteorologisches Modell wird zunächst mit Testbeobachtungen kalibriert. Anschließend berechnet man - unabhängig von den jeweiligen Messdaten - die gesuchten extremen Niederschlagswerte mit sehr hoher räumlicher Auflösung. Eine notwendige räumliche Glättung der Felder ist über eine Polynom-Regression mit der Seehöhenabhängigkeit zu erreichen. Dieses räumlich geglättete Niederschlagsfeld wird als Eingangsgröße  $h_N$  in die bereits erwähnte Gleichung (3) verwendet, woraus sich im weiteren Anpassungskonstanten ergeben, welche das Auftreten maximaler konvektiver Niederschläge flächendeckend beschreiben.

## **Meteorologisches Modell**

Die Berechnungen erfolgen hier mittels eines im Rahmen des internationalen Programmes IDNDR (**I**nternational **D**ecade of **N**atural **D**isaster **R**eduction, eingebettet im gleichnamigen nationalen Forschungsprojekt der Österreichischen Akademie der Wissenschaften) zwischen 1991 und 1997 entwickelten und an der ZAMG (**Z**entralanstalt für **M**eteorologie und **G**eodynamik, Wien) per April 1997 implementierten Modells zur Vorhersage von konvektiven Niederschlägen. Weil man sich für kurze Dauerstufen ( $D < 12$  Stunden) interessiert, werden die Berechnungen an dieser Stelle **n i c h t** mit dem bei der Ermittlung von Monatssummen des Niederschlages eingesetzten meteorologischen Modell für stratiforme und Aufgleitniederschläge (LORENZ und SKODA, 1997, 1998, 1999; siehe auch → 2.3. *Mittlere unkorrigierte Jahresniederschlagshöhe*) durchzuführen sein. Ein weiteres instationäres, **o**rographisch-**k**onvektives **M**odell (*OKM*) übernimmt die Berechnungen. Wesentlich bei der Berechnung konvektiver Niederschläge innerhalb der warmen Jahreszeit ist die Erfassung der räumlichen Klumpenbildung in den Niederschlagsfeldern (Niederschlagscluster) sowie eine möglichst genaue Kenntnis der Seehöhenabhängigkeit des Niederschlages. Letztere kann ebenfalls nicht mehr durch einen klimatologischen Ansatz, wie er mittels *Gleichung (4)* in LORENZ und SKODA (1997, 1998, 1999) vorgeschlagen

wurde, befriedigt werden. Für eine explizite Berechnung ist die Kenntnis der digitalen Geländedaten in geeignet hoher Auflösung notwendig. Für die orographische Niederschlagsverstärkung ist nicht der Punktwert von Anstieg und Höhenlage, sondern deren Mittel über ein größeres Gebiet entscheidend. Die Geländehöhen, wie sie im Modell *OKM* verwendet werden, wurden ihrerseits durch Mittelung der Daten eines digitalen Geländemodells sehr hoher Auflösung gewonnen. Der eigentliche Modellbereich, in dem gerechnet wird, reicht von 9 - 18 Grad östlicher Länge und von 45 - 50,5 Grad nördlicher Breite. Grundsätzlich beträgt die Auflösung von *OKM* 1/48 Grad longitudinal (zirka 1.55 km) und 1/80 Grad meridional (zirka 1.38 km).

Das zeitabhängige Modell *OKM* berechnet den lokalen orographisch-thermischen Antrieb konvektiver Wolken- und Niederschlagsbildung über komplexem Gelände bei gleichzeitiger Interaktion mit den großräumigen synoptischen Feldern. Informationen zum Modell *OKM* sind den einschlägigen IDNDR-Projektberichten zu entnehmen (unter anderem dem abschließenden Bericht zu Phase VII (1997), HAIDEN und PICHLER, 1997). Über ein, dem Modell *OKM* implizit eingefügtes Detail, den orographisch-konvektiven Verstärkungsindex (*OKV*) widmet sich der nächste Abschnitt (HAIDEN et al., 1991; HAIDEN et al., 1994).

### **Ein orographischer Gewitterindex (*OKV*)**

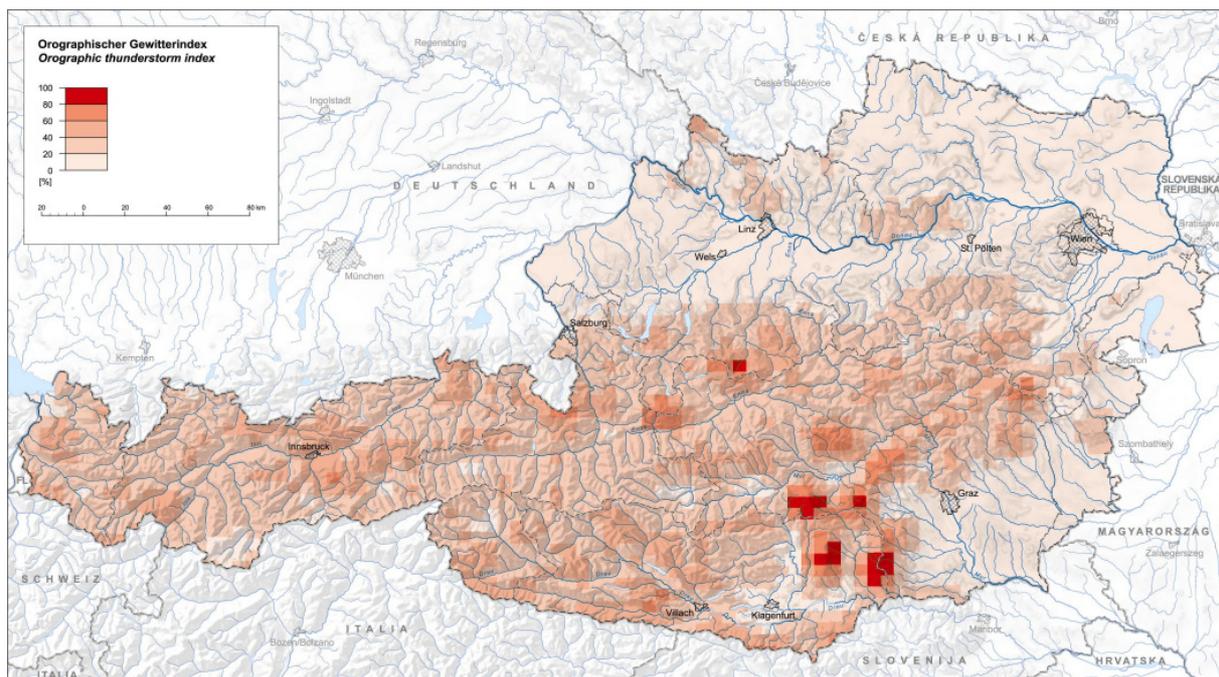
Das Starkniederschlagsklima einer Region wird insbesondere bei kürzeren Dauerstufen (12 Stunden und darunter) wesentlich von Gewitterniederschlägen geprägt. Der Jahresgang der Gewitterhäufigkeit zeigt dabei ein deutliches Maximum in den Sommermonaten. Durch die Aufheizung der bodennahen Luftschichten und dem hohen absoluten Feuchtigkeitsgehalt der Luft wird die Atmosphäre in dieser Jahreszeit instabil gegenüber lokalen vertikalen Umlagerungen.

Die räumliche Verteilung der Gewitterhäufigkeit hängt in komplexer Weise von der topographischen Gliederung ab. Die Topographie beeinflusst das bodennahe Windfeld und damit jene Prozesse, die zu Gewitterauslösung führen können. Dabei sind besonders zwei Mechanismen von Bedeutung: (a) Hebung der Luft beim Überströmen eines Gebirgszuges, (b) hangaufwärts und taleinwärts gerichtete Luftströmungen, die feuchte Luft aus tiefer liegenden Regionen herantransportieren.

Im Sommerhalbjahr treten häufig windschwache Lagen auf, in denen das Wettergeschehen von kleinräumigen Prozessen dominiert wird. Unter solchen Bedingungen entwickelt sich in topographisch gegliedertem Gelände ein tagesperiodisches Windsystem. Tagsüber bewegt sich Luft in Bodennähe taleinwärts und hangaufwärts (anabatische Strömung), nachts fließt bodennahe Luft entlang der Hänge und Täler abwärts (katabatische Strömung). Über den Gipfeln und Kämmen, bzw. allgemein über hochliegendem Gelände, kommt es tagsüber zu Strömungskonvergenz und damit verstärkter Hebung der Luft. Die Wolkenbildung wird in diesen Gebieten außerdem durch die vom Windsystem mitgeführte Feuchtigkeit gefördert.

Dies alles führt dazu, dass sich in einer topographisch gegliederten Region bestimmte *bevorzugte Gewitterentstehungsgebiete* ausbilden.

Aufbauend auf dem Zusammenhang zwischen anabatischen Luftströmungen und Gewitterentstehung wurde ein Index entwickelt, der die theoretische Anfälligkeit eines Gebietes bezüglich Gewitterbildung charakterisiert. Die flächige Verteilung dieses **orographisch-konvektiven Verstärkungsindex (OKV)** wird aus hochauflösenden digitalen Geländedaten in folgender Weise berechnet. Aus den Geländehöhen werden Geländeneigung und –orientierung bestimmt. Mittels dieser Größen werden die relative Stärke sowie die Richtung des hangaufwärts gerichteten Luftstroms abgeschätzt, und daraus das Ausmaß der Strömungskonvergenz. Zusätzlich wird berücksichtigt, dass bei gegebener Strömungskonvergenz, die Gewitterauslösung umso effektiver erfolgt, je hochreichender die anabatische Luftströmung ist, d.h. je größer der Höhenunterschied zwischen Talboden und Kammhöhe ist. Die resultierende Feldverteilung wird in dem für Gewitterzellen relevanten Maßstab (~10 km) geglättet, und so normiert, dass der höchste innerhalb Österreichs auftretende Wert 100 beträgt.



**Abbildung:** Orographischer Gewitterindex (OKV) in Prozent

Die abgebildete *Verteilung des OKV* zeigt bevorzugte Gewitterentstehungsgebiete: Grundsätzlich sind die Werte höher in topographisch gegliedertem Gelände als im Flachland. Die Alpenrandgebiete treten als besonders gewitteranfällig hervor, wobei die Umrahmung des Grazer Beckens die höchsten Werte aufweist. Letzteres ist dadurch zu erklären, dass die Berge in dieser Region relativ flache, langgestreckte Hänge haben, die für die Ausbildung starker anabatischer Luftströmungen günstig sind. Außerdem befindet sich am Ost- und

Südostrand der Alpen in den Sommermonaten im Mittel die Luft mit dem höchsten Feuchtigkeitsgehalt. Lokale Maxima des *OKV* lassen sich in den Gebieten Wechsel/Bucklige Welt, Gleinalm, Pack, Koralpe identifizieren. Die Koralpe weist den höchsten Wert (=100) im dargestellten Gebiet auf. Ähnlich hohe Werte sind nur noch im Gebiet Seetaler Alpen / Saualpe zu finden.

An der Alpennordseite finden wir die ausgeprägtesten Maxima des *OKV* über Totem Gebirge, Dachstein, Hochkönig und Karwendel. Die Werte sind hier allerdings nicht so hoch wie am Alpenostrand, da die typischen Geländeformen in den Kalkalpen (steile Hänge, Plateauberge) weniger starke anabatische Luftströmungen hervorrufen. Dennoch ist die Neigung zur Gewitterentstehung auch hier grundsätzlich höher als über dem Flachland.

Entlang des Alpenhauptkamms findet man im Bereich der Niederen Tauern einen Gürtel erhöhter Werte, der im Gebiet des Schobersattels ein Maximum erreicht. In den Hohen Tauern und westlich davon treten keine erhöhten Werte mehr auf, da hier die auch im Sommer vorhandene Schnee- und Eisbedeckung die Intensität der hangaufwärts gerichteten Strömungen reduziert. Inneralpine Täler und Beckenlagen wie das Klagenfurter Becken oder der Lungau treten als Minima in der Verteilung hervor. Hier finden sich tagsüber im Mittel absinkende Luftbewegungen, die sich hemmend auf die Quellwolkenbildung auswirken.

Auch außerhalb des alpinen Bereichs bildet die Topographie bevorzugte Gewitterentstehungsgebiete, selbst bei Erhebungen die nur wenige 100 m höher sind als die Umgebung, wie z.B. die Gebiete Jauerling und Dunkelsteiner Wald.

Der hier dargestellte Index (*OKV*) ist ein erster Schritt zu einer theoretisch abgeleiteten Klassifizierung der Topographie bezüglich Gewitterentstehung. Er kann bei Vorliegen digitaler Höhendaten in ausreichender Auflösung (~1 km) für beliebige Gebiete berechnet werden. Damit können Hinweise auf die zu erwartende räumliche Verteilung konvektiver Niederschläge gewonnen werden noch bevor ein einziges Niederschlagsmessgerät im Gelände platziert wird. Die berechnete Feldverteilung kann auch für Zwecke der Interpolation in Gebieten mit geringer Stationsdichte verwendet werden.

### **Extreme konvektive Modell-Niederschlagswerte**

Um typische, konvektive Niederschläge auf synoptischem Weg zu berechnen, wurde mit der Anfang 1998 gültigen Modellversion von *OKM* eine große Zahl von Testläufen durchgeführt. Es wurde darauf geachtet, Ereignisse nahe dem obersten, in Mitteleuropa noch auftretenden Intensitätsbereich zu simulieren. Im Rahmen der Modellphysik zulässige, als „extrem“ angenommene Anfangs- und Randwerte (Labile Luftschichtung, hohe Einstrahlungswerte, hohe Temperaturen und Wasserdampfgehalte, geeignete zeitliche Tendenzen dieser Größen, etc.) produzieren Modellniederschläge verschiedener Intensität und Andauer. Die Intensitäten noch weiter zu steigern erschien nicht zweckmäßig, weil die

zugrunde liegende Modellphysik dafür nicht konzipiert ist. Die Modellergebnisse wurden auf dem Umweg modifizierter Start-Annahmen an punktuell verfügbare Auswerteergebnisse aus unterschiedlichen Regionen mit in digitaler Form vorliegenden Beobachtungsreihen angepasst. Damit ist sichergestellt, dass das meteorologische Modell dort annähernd vergleichbare Resultate mit der Beobachtung liefert. Fehlbeträge an den Beobachtungsstellen durch meteorologische Messfehler (Wind, Verdunstung, Strahlung etc.) wurden mittels einer generellen Anhebung im Ausmaß von 5% berücksichtigt. Weitere Korrekturen (z.B. aus Gründen mangelnder zeitlicher Homogenität) wurden nicht angebracht. Diese Kalibrierung erfolgte mittels Minimierung der mittleren Abweichungen von Modellniederschlag (am hochauflösenden Rechengitter) und nach ÖKOSTRA-93 (1992) ausgewerteter Beobachtungsdaten. Verwendet wurden Beobachtungen aus 1971 – 1990 der Messstellen Bregenz, Kufstein, Salzburg, Weißenbach (Attersee), Wien - Hohe Warte, Karl, Liezen, Reichenfels (ab 1972) und Lienz. Am Ende kristallisierten sich physikalische Anfangsbedingungen heraus, welche im *OKM* für Österreich bei den Dauerstufen 2 Stunden bzw. 4 Stunden einen mutmaßlichen dreißigjährigen und fünfundsiebzigjährigen Niederschlag ( $P_{max}(D,T)$ ) lieferten: Die mittlere Abweichung zwischen Modell und Beobachtung lässt sich für beide Dauerstufen auf nahe Null mm reduzieren, der RMSE-Wert (root mean square error) aus 9 Stationen hingegen beträgt für  $D = 2$  Stunden rund 4 mm (für  $T=30$ ) sowie 7 mm (für  $T=75$ ) und steigt für  $D = 4$  Stunden gegen 6 mm (für  $T=30$ ) bzw. 10 mm (für  $T=75$ ) an. Die RMSE-Werte hängen von der Auswahl und Lage der Stationen und der Fähigkeit des meteorologischen Modells ab, regionale bis lokale Niederschlagsphänomene richtig wiederzugeben.

Die maximale Modell-Niederschlagsrate  $P_{max}$  ist diejenige, die zum Zeitpunkt der Auslösung im Zentrum der konvektiven Wolken-Zelle herrscht. Sie gibt für jeden Punkt an, welche Niederschlagsintensitäten dort in dem Fall, dass Gewitterzellen mit ihrem Kern genau über den Punkt ziehen, zu erwarten sind.  $P_{max}$  stellt somit eine Art Maximalabschätzung dar. Sie wird im *OKM* durch vertikale Integration der feuchtadiabatischen Kondensationsrate über die vertikale Mächtigkeit der Wolke

$$P_{max} = \sum_{z=z_{LCL}}^{z=z_{TOP}} w(z)_z \cdot \rho(z)_z \cdot \left( -\frac{\delta r_s(z)}{\delta z} \right)_z \quad (1)$$

abgeschätzt. Dabei ist  $w(z)$  das im „open parcel“ - Modell berechnete Vertikalgeschwindigkeitsprofil,  $\rho(z)$  ein mittleres Dichteprofil und  $\delta r_s(z)/\delta z$  die Abnahme des Sättigungsmischungsverhältnisses mit zunehmender Höhe bei feuchtadiabatischer Hebung.  $z_{TOP}$  bezeichnet die Höhe der jeweiligen Cumulus-Tops,  $z_{LCL}$  das Niveau der entsprechenden Hebungskondensationsniveaus.

Die Niederschlagsintensitäten der einzelnen konvektiven Wolkenzellen nehmen unter langsamer räumlicher Verlagerung mit der Zeit exponentiell ab.

Nachdem mit Hilfe der Beobachtungen an den erwähnten neun Messorten eine Kalibrierung des Modells durchgeführt worden ist, ergeben die zeitlich aufsummierten Niederschlagsintensitäten,  $\Sigma P_{max}$ , den gesuchten extremen konvektiven Niederschlagswert  $P_{max}(D, T)$  [mm]. Die zugehörigen Felder dieses *Rohmodells* zeigen regional sehr raue Strukturen, die dort überwiegend durch isolierte, extreme Spitzenwerte zu Stande kommen: Die räumliche Verteilung dieser meteorologisch maximierten Niederschlagssummen  $P_{max}$  ist stark linksschief (D.h., der Halbierungswert der Histogrammfläche über alle Niederschläge  $P_{max}$  (0.5 – *Fraktile* oder *Median*) sowie der am häufigsten auftretende Wert (*Modus*) liegen beide deutlich über den jeweiligen arithmetischen Gebietsmittelwerten). Dieses Phänomen ist bei der Modellierung extremer Ereignissen zu vermuten, es kann durch Standardmessnetze grundsätzlich nicht verifiziert werden (LOVEJOY, SCHERTZER and LADOY, 1986). Für Anwendungen in der Praxis erscheint eine gewisse Dämpfung derartiger, punktuell auftretender Spitzenwerte sinnvoll: Dies geschieht, indem  $P_{max}(D, T)$  an jedem Gitterpunkt mit den gleichzeitig bekannten Topographiedaten in Beziehung gebracht wird.

## Seehöhenabhängigkeit

Die Ergebnisse der Regressionsberechnung zwischen konvektivem Niederschlag und Topographie umfassen dasselbe Gebiet wie in LORENZ und SKODA (1997, 1998, 1999). Die (mit Ausnahme von  $c_0$ ) dimensionsbehafteten Koeffizienten  $c_1$ ,  $c_2$ ,  $c_3$  einer Polynom-Regression dritten Grades für die Schätzfunktion  $F(z)$  [mm], welche die Abhängigkeit der konvektiven Niederschlagsmenge mit der Seehöhe beschreibt sowie das Feld  $z_{min}$  werden abgespeichert.

$$F(z) = c_0 + c_1 z + c_2 z^2 + c_3 z^3 \quad (2)$$

mit  $z$  [km] als Geländehöhe und  $z_{min}$  [km] als minimale Geländehöhe aller für die Berechnung von  $F(z)$  [mm] benötigten - innerhalb eines Quadrates von 50 km Seitenlänge liegenden - Wertepaare ( $P_{max}$ ,  $z$ ).

Um eine sinnvolle räumliche Glättung in den Feldern der Koeffizienten herzustellen, wurde versucht, das ursprüngliche Niederschlagsfeld mittels der Regression (2) wieder herzustellen: Diejenige räumlich-gleitende Mittelungsfläche, welche das Ausgangsfeld mittels Varianzerklärung bestmöglich beschreibt, wurde gesucht: Als ein für Österreich brauchbarer Durchschnittswert ergab sich ein Quadrat mit 50 km Seitenlänge. Die errechneten Niederschlagswerte  $F(z)$  dienen in der Folge als Eingangsgrößen in Gleichung (3).  $F$  ersetzt dort  $h_N$ .

## Anpassungskonstanten

Wir setzen im folgenden voraus, dass die im Rahmen von ÖKOSTRA für partielle Serien (alle verfügbaren Niederschlagshöhen oberhalb eines Schwellenwertes werden verwendet) gefundenen Zusammenhänge zwischen Niederschlagsmenge, Andauer und Eintrittswahrscheinlichkeit in ihrer einfachsten mathematischen Form für das ganze Bundesgebiet Gültigkeit haben: Im Programmpaket DRA (Digitalisierung und Regenauswertung; SKODA, 1993c) wird eine für Bemessungsfragen bewährte Niederschlagshöhe  $h_N$  als Funktion der Dauerstufe  $D$  und der Wiederkehrzeit  $T$  für partielle Serien in der Form

$$h_N(D, T) = u(D) + w(D) \ln T \quad (3)$$

ausgedrückt. Für die einfach-logarithmische Gestalt von  $u(D)$  und  $w(D)$ , in der Form

$$u(D) = a_u + b_u \ln D \quad \text{und} \quad w(D) = a_w + b_w \ln D \quad (4)$$

werden die *Anpassungskonstanten*  $a_u$ ,  $b_u$ ,  $a_w$  und  $b_w$  mittels der Gleichungen (3) und (4) am feinmaschigen OKM – Gitter berechnet und repräsentieren somit Flächeneinheiten von etwa 2 km<sup>2</sup>.

Alle Rechenergebnisse werden anschließend auf das bei LORENZ und SKODA (1997, 1998, 1999) verwendete gröbere Darstellungsgitter (1/12 Grad longitudinal, 1/20 Grad meridional; zirka 5 km x 5 km) übertragen; erstens, um eventuelle Verknüpfungen mit den dort angestellten Überlegungen zu erleichtern und zweitens, um hochfrequente Fluktuationen zu dämpfen.

Die Anpassungskonstanten charakterisieren in diesem Verfahren das konvektive Niederschlagsverhalten und ersetzen die Niederschlagsmessungen.

Es bleibt noch zu bedenken, dass die abgeleiteten Koeffizienten nur im Rahmen jener Zeiträume Gültigkeit haben, in denen die physikalischen Voraussetzungen des meteorologischen Modells Gültigkeit haben: Das war für die Dauerstufe  $D$  bis maximal ein halber Tag und für die Wiederkehrzeit  $T$  höchstens 100 Jahre. (Seit etwa hundert Jahren liegen zur Verifizierung meteorologischer Modellansätze instrumentelle meteorologische Beobachtungen vor).

## Formale Erweiterung

Zur Vervollständigung wird auf eine lediglich formale Möglichkeit einer Erweiterung von  $T$  auf Werte über 100 Jahre mittels empirisch-statistischer Ansätze verwiesen: Bei deren Verwendung muss man sich aber im Klaren sein, dass wesentliche Voraussetzungen - nämlich die Stationarität des Niederschlagsklimas bzw. die Homogenität beobachteter Niederschlagsreihen - nicht mehr erfüllt sind.

Sollte eine Extremwertabschätzung mit einer Wiederkehrzeit von  $T > 100$  [Jahre] erwünscht sein, berechne man gemäß Gleichung (3)  $h_N(D, T=100)$  und bilde für  $T > 100$  Jahre optional

$$h_N(D, T > 100) = \frac{h_N(D, T = 100)}{4.6} \cdot \ln T \quad (5.1)$$

oder

$$h_N(D, T > 100) = \frac{h_N(D, T = 100)}{2.4} \cdot T^{0.19} \quad (5.2)$$

### Zwischenergebnis I

Mit Hilfe der Gleichungen (1) bis (4) (bzw. bis (5)) ist eine für Bemessungszwecke geeignete *Kenngröße für Starkniederschläge* bestimmbar.

⇒ **Die für die vorgegebene Andauer  $D$  [Stunden] und gewählte Wiederkehrzeit  $T$  [Jahre] errechnete Niederschlagshöhe stellt aus statistischer Sicht eine untere Mengenschranke von Starkniederschlägen dar, ist also vom Typ her ein Bemessungswert: Diese (oder eine höhere) Niederschlagssumme tritt während eines Zeitintervalls von  $T$  Jahren einmal auf.**

### Flächenbezug

Das Verfahren, Intensitäten konvektiver Niederschläge „flächenbezogen“ anstelle von „punktbezogen“ anzugeben, hat sich in der Hydrologie bewährt (DINGMAN, 1994). (Bemessungswerte für Starkniederschläge, abgeleitet aus sehr langen Beobachtungsreihen individueller Standorte, können sogar in offensichtlich ähnlichen Niederschlagsklimaten beträchtlich variieren. Somit wird ein lokaler Bemessungs-Punktwert bei der Abschätzung zukünftiger extremer Niederschläge versagen, außer das berechnete Ergebnis ist durch weitere gleichlautende Aussagen aus derselben Klimaregion abgesichert (HUFF, 1994)).

Die *Starkniederschlagskarten* für ausgewählte Dauerstufen und Wiederkehrzeiten zeigen Bemessungswerte konvektiver Niederschläge in *flächenbezogener Auswertung*. Weil derartige extreme Niederschlagsereignisse mit dem konventionellen Stationsnetz im allgemeinen nur mangelhaft erfasst werden (LOVEJOY et al., 1986), kann die flächenrelevante Betrachtungsweise beim Datenvergleich mit ausgewählten Niederschlagsmessstellen regional zu höheren Werten als man es bisher gewohnt war führen. Ein den Karten entnommener Niederschlagswert ist innerhalb des gewählten Pixels (ca. 5 km mal 5 km) „dominierend“, er ist jedoch keinem fixen Koordinatenpunkt zuordenbar. Damit stimmt der abgelesene Wert im allgemeinen nicht mit dem gesuchten Punkt-Wert an einer aus dem Pixel ausgewählten Niederschlagsmessstelle überein. Regional unterschiedliche Geländeformen bewirken, dass die festgestellten Niederschlagsbeträge mit räumlich unterschiedlich großer Bandbreite auftreten. Für die Interpretation der Karten bedeutet das: Je stärker sich die Werte aus den umgebenden Pixel zu jenem aus dem

interessierenden Feld unterscheiden, desto größer ist im Ablesefeld die lokale Bandbreite (Streuung) um den abgelesenen Schätzwert zu erwarten.

Die erhaltenen Beträge ordnen sich z w i s c h e n den mit den üblichen Verfahren gewonnenen Bemessungswerten (siehe z.B. ÖKOSTRA - 93, 1992) sowie den theoretisch größten Niederschlagshöhen (PMP, **P**robable **M**aximum **P**recipitation; siehe u.a. NOBILIS, HAIDEN und KERSCHBAUM, 1990; 1991) bzw. den „Niederschlags-Weltrekorden“ (siehe etwa STADLBACHER, 1998) ein.

## Zwischenergebnis II

- ⇒  $h_M(D, T)$  charakterisiert Extremwerte flächenbezogener konvektiver Niederschläge mit meteorologisch maximierten Obergrenzen. Dabei handelt es sich jeweils um einen Erwartungswert aus dem betrachteten Gebiet von zirka 5 km mal 5 km.
- ⇒ Der Betrag dieser konvektiven, etwa 2 km<sup>2</sup> ausgedehnten Quasi-Punkt-Niederschlagsmenge wird implizit bis zu einer Radialentfernung von zirka 25 km durch die umgebende Topographie geprägt.

## Regionale Besonderheiten

Die in den Karten dargestellten Niederschlagswerte steigen mit wachsender Andauer  $D$  und Wiederkehrzeit  $T$  an, wobei die räumlichen Muster im wesentlichen erhalten bleiben (erst ab  $D > 3$  Stunden beginnen sich die Muster zu verändern; zum Beispiel breiten sich die Maximalwerte des konvektiven Niederschlages mit wachsendem  $D$  zunehmend zum Alpennordrand hin aus):

Die höchsten konvektiven Starkniederschläge findet man in einem schmalen Streifen ausgehend von der Koralpe, über die Gleinalm zu den Fischbacher Alpen mit einer massiven Verbreiterung im Raum Bucklige Welt – Wechsel – Semmering (absolutes Maximum). Sehr hohe Niederschlagswerte erkennt man in den nördlichen Kalkalpen, beginnend mit den südwestlichsten Ausläufern des Wienerwaldes über die Eisenwurzten, Sengsengebirge, Totes Gebirge, Höllengebirge bis zum Kaiser- und Karwendelgebirge. Bemerkenswert sind ferner die großen Niederschlagsbeträge über dem Weinsberger Wald (OÖ/NÖ) bis zum Ostrong (NÖ) sowie um und westlich des Hohen Freschen (VBG) sowie im Walgau (VBG).

Die geringsten Starkniederschlagsmengen fallen längs der Zentralpen, insbesondere in der Silvretta, in den südlichen Öztaler Alpen (absolutes Minimum) und in den südlichen Stubaier Alpen. Von Interesse sind auch die niedrigen Bemessungswerte maximaler Niederschläge östlich des Neusiedler Sees, an der Raab und an der Mur (jeweils beim Verlassen des Bundesgebietes) sowie mehrere Minima entlang der Donau. Ein solches relatives Minimum an der Einmündung von der Enns in die Donau ist gut ausgeprägt.

## Räumliche Abminderung

Nach Abschätzung der konvektiven Starkniederschlagsmenge (innerhalb eines gewählten Rasterfeldes) kann Interesse an extremen Gebietsniederschlägen innerhalb eines größeren

Areals um die Kernregion bestehen. Da während eines einzelnen Niederschlagsereignisses innerhalb derartiger Flächen nicht überall dieselben Maximalwerte wie im Zentralbereich zu erwarten sind, ist es üblich, unter Anlehnung an Niederschlagshöhen-Dauer-Flächenbeziehungen, eine räumliche Abminderung der Bemessungswerte zu berücksichtigen.

Derartige Reduktionsverfahren haben in jüngster Zeit BLÖSCHL, 1996 (§ 4) sowie MATTERN, 1996 ausführlich diskutiert. Die sogenannten Flächenreduktionsfaktoren des Niederschlags hängen von der Andauer  $D$ , der Wiederkehrzeit  $T$  des Niederschlagsereignisses, der betrachteten Fläche  $A$  und ganz entscheidend von einem räumlichen Korrelationsabstand ab. Letzterer kann unter anderem aus der Varianzreduktion im Niederschlagsfeld, welche mit zunehmender Flächengröße im Allgemeinen eintritt, abgeschätzt werden. Detaillierte Studien liegen nur für wenige Regionen vor. In topographisch unruhigem Gelände zeigen sich starke räumliche Anisotropien. Der Funktionsverlauf der räumlichen Abminderung unterscheidet sich von Einzelereignis zu Einzelereignis. Das heißt: Es gibt *keine allgemeingültige Abminderungsfunktion*. Unter Annahme isotroper Verhältnisse (Richtungsunabhängigkeit der räumlichen Niederschlagsabschwächung) bietet die Literatur immerhin zahlreiche Formelvorschläge an. In LORENZ und SKODA, 2000 wurde ein Ansatz mit „sanfter“ Abminderung vorgeschlagen. Beobachtungswerte liefern Hinweise, dass insbesondere bei sehr hohen Regenintensitäten und/oder für kleine Dauerstufen innerhalb kleiner Einzugsgebiete (unter 200 km<sup>2</sup>) die Berücksichtigung einer stärkeren Abminderung für konvektive Niederschlagsereignisse erforderlich sein kann (WATZINGER, 1996). Um auch „steileren“ Abminderungen Rechnung zu tragen, schlagen wir die folgende Beziehung (6) vor, welche die H I - bis H III - Kurven (nach HERSHFIELD, 1968) aus obiger Literaturstelle annähert:

Der mittlere Niederschlag  $R_A$  [mm] eines Starkniederschlagsereignisses in Abhängigkeit von der Niederschlagsfläche  $A$  [km<sup>2</sup>], bezogen auf ein Niederschlagsmaximum am Gitterpunkt (bzw. am einzelnen Messpunkt)  $R_{max}$  [mm] folgt für vorgegebene Dauerstufe  $D$  [min] und Wiederkehrzeit  $T$  [Jahre] in allgemeiner Form

$$R_A = (R_{max}) \exp(-\omega A^\xi)$$

mit

(6)

$$\omega(\overline{h_N / D}) = 0.0447 \times \overline{h_N / D} + 0.0026$$

$\overline{h_N / D}$  bezeichnet den Erwartungswert der Niederschlagsintensität des betrachteten Ereignisses (mit Niederschlagsmenge  $h_N(T)$  [mm] und zugehöriger Andauer  $D$  [min]);  $\xi$  wird gleich 0.59 gesetzt.

Versteht man unter  $D_k$  die sogenannte Konzentrationszeit (das ist jene Zeit, welche nach Beginn des Niederschlagsereignisses verstreicht, bis alle Punkte eines Flusseinzugsgebietes zum Abfluss an der tiefsten Stelle beitragen), so ist Gleichung (6) nur sinnvoll für  $D \geq D_k$

[min]. Andernfalls muss mit einer stark anisotropen Abminderung gerechnet werden. Im Einzelfall eklatanter Anisotropie im Niederschlagsfeld wäre ein Wert für  $\omega$ , der größer ist als in Formel (6) gewählt zulässig.

Beispiele für Bemessungsniederschläge [mm] -

Methodenvergleich

Leere Felder sind nicht sinnvoll bzw. nicht verfügbar; das *K-Kriterium* sowie das *Verfahren der Hüllkurven* sind für Dauerstufen unter 30 Minuten nicht definiert.

**Zwettl-Edelhof / 107581 - Niederösterreich**

Geographische Länge: 15°13'25"

Geographische Breite: 48°36'28"

Seehöhe: 587 m ü. A.

Dauerstufe D = 15 Minuten

Größter Messwert: 20.5 mm am 2. August 1996

Jährlichkeit T M e t h o d e	T=2	T=10	T=30	T=50	T=75	T=100	T»100	T -> □
<b>K25 – Kriterium</b>								
<b>OWUNDA (1987-2000)</b>	11.6	16.9		21.7		23.6		-
<b>Hüllkurve</b>								-
<b>Karte</b>	18.6	33.9		49.1		55.6		-
<b>h<sub>N, Rekord</sub></b>	-	-	-	-	-	-	-	196

**Reutte / 101238 - Tirol**

Geographische Länge: 10°43'31"

Geographische Breite: 47°29'42"

Seehöhe: 870 m ü. A.

Dauerstufe D = 60 Minuten

Größter Messwert: 50.6 mm am 27. Mai 1985

Jährlichkeit T M e t h o d e	T=2	T=10	T=30	T=50	T=75	T=100	T»100	T -> □
<b>K35 – Kriterium</b>	19.5	30		39		42		-
<b>OWUNDA (1942-2000)</b>	19.1	31.2		41.8		46.3		-
<b>Hüllkurve</b>							68	-
<b>Karte</b>	37.5	72.5		107.4		122.5		-
<b>h<sub>N, Rekord</sub></b>	-	-	-	-	-	-	-	392

**Kroatisch Minihof / 110627 - Burgenland**

Geographische Länge: 16°38'53"

Geographische Breite: 47°31'42"

Seehöhe: 247 m ü. A.

Dauerstufe D = 180 Minuten

Größter Messwert: 49.1 mm am 9. August 1988

Jährlichkeit T M e t h o d e	T=2	T=10	T=30	T=50	T=75	T=100	T»100	T -> □
<b>K25 – Kriterium</b>	22.5	32		41		44		-
<b>OWUNDA (1985-1994)</b>	23.1	37.2		49.5		54.8		-
<b>Hüllkurve</b>							125	-
<b>Karte</b>	37.6	67.1		96.7		109.4		-
<b><math>h_{N, \text{Rekord}}</math></b>	-	-	-	-	-	-	-	678

Das *K-Kriterium* geht auf KREPS und SCHIMPF (1965) und auf SCHIMPF, 1970 zurück. Der Vorschlag *OWUNDA* wurde von HAMMER, 1993 im Rahmen von ÖKOSTRA-93 (1992) entwickelt. Die Methode der *Hüllkurven*-Auswertung stammt von BLÖSCHL, 2001. Die Zeile *Karte* enthält die aus den vorliegenden Atlas-Karten (zirka 5 km mal zirka 5 km) entnommenen Erwartungswerte extremer Niederschläge. Die einhüllende Kurve der Niederschlagsrekorde (JENNINGS, 1950; MARX, 1969; WIESNER, 1970; HUBERT, 1996; STADLBACHER, 1998) lautet

$$h_{N, \text{Rekord}} = 50.54D^{0.5} \quad (7)$$

mit  $h_N$  [mm],  $D$  [Minuten] und  $T \rightarrow \infty$ .

Die mittels verschiedener Methoden berechneten Extremwerte zeigen zum Teil große Unterschiede: Im Allgemeinen liefern ältere Ausarbeitungen, welche vor allem für *einzelne Messorte* durchgeführt wurden - unabhängig von möglichen klimatischen Veränderungen - niedrigere Werte als neuere Abschätzungen. Ist eine *flächenbezogene Bemessung mit meteorologisch maximierten Obergrenzen* gefragt, wachsen die errechneten Werte zusätzlich in etwa mit  $\propto (I_{\text{Bemessung am Messplatz}})^\alpha$  an, wobei nach vorläufigen Abschätzungen  $1.05 < \alpha < 1.2$ . Wir vermuten, dass dieses Ergebnis ( $\alpha \approx 1.1$ ) einerseits durch die meteorologische Maximierung im meteorologischen Modell, die zu einer stark linksschiefen Verteilung von Flächenwerten führt, zu Stande kommt. Andererseits können systematische Abminderungen in den beobachteten Zeitreihen des Niederschlags (Unterdrückung bzw. gar Fehlen von einzelnen extremen Niederschlagsereignissen) dazu beitragen, dass  $\alpha > 1$ .

## Empfehlung für die Praxis

Die Berechnungen nach den einzelnen Verfahren basieren auf unterschiedlichen Prämissen. Somit ordnen sich deren Ergebnisse in eine „Rang-Hierarchie“ unterschiedlich großer Bemessungswerte ein. Zum gleichen Resultat kommen analoge Vergleichsstudien hinsichtlich methodischer Aspekte als auch die Ergebnisse betreffend in Deutschland (MALITZ, 2001): Es gibt keinen „wahren Bemessungswert“, der für alle Zwecke der Praxis universell Geltung hat, sondern je nach Auswertemodus und/oder Fragestellung aus der Praxis lässt sich ein mutmaßlicher spezifischer Extremwert nur innerhalb einer Bandbreite

angeben. Die Auswahl des Verfahrens muss derzeit nach den Anforderungen im jeweiligen Anwendungsgebiet getroffen werden.

## Vorschau

An der Ableitung von für die wasserwirtschaftliche Praxis relevanten Extremwerten des Niederschlags wird in vielen Ländern gearbeitet. Die vorliegende Methodik unterbindet die unerwünschten Effekte unkorrigierter bzw. unvollständiger Niederschlagsmessungen von an räumlich inhomogen verteilten, überwiegend in Tallage befindlichen Messstellen. Gleichzeitig berücksichtigt das Verfahren flächendeckend die wichtigsten physikalischen Wechselwirkungen, welche zwischen der Niederschlagsbildung und der Topographie des Geländes bestehen. Die erhaltenen Feldverteilungen sind frei von Unstetigkeiten, es gibt keine Ecken- bzw. Randwertfehler.

Im nächsten Schritt sind die statistische Verteilungsfunktion der Extreme (Formel (3)) sowie die für die meteorologischen Simulationen gewählte Anfangsbedingung der Unwetterauslösung regional zu differenzieren bzw. zu verfeinern. Sobald weiterentwickelte hochauflösende meteorologische Vorhersagemodelle verfügbar sein werden, sind alle durchgeführten Glättungs- und Ausgleichsprozeduren neu zu bewerten.

## Literatur

- BLÖSCHL G. (1996) Scale and Scaling in Hydrology. Especially: § 4.: Scaling components of the hydrologic cycle, 165 - 234. Wiener Mitteilungen, Wasser-Abwasser-Gewässer. Band 132, 346 Seiten, Wien.
- BLÖSCHL G. (2001) Auswertung von Hüllkurven beobachteter extremer Niederschlagsintensitäten. Technische Universität Wien, Wien.
- DEISENHOFER H. E. (1984) Große tägliche Niederschlagshöhen in Bayern. Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft.
- DINGMAN S. L. (1994) Physical Hydrology. Prentice-Hall Inc., New Jersey 07458, USA.
- HAIDEN T., KAHLIG P. und KERSCHBAUM M. (1991) Forschung zu meteorologisch relevanten Parametern im Hinblick auf den Vermutlich Größten Abfluss (PMF). Bundesministerium f. Land- und Forstwirtschaft. Wien, 77p.
- HAIDEN T. (1994) Eine optimierte Starkniederschlagsauswertung. Teil **IV**: Niederschlagsinterpolation unter Berücksichtigung orographischer Effekte. Mitteilungsblatt des Hydrographischen Dienstes in Österreich, Heft **72**, 47-62.
- HAIDEN T. und KAHLIG P. (1994) Modellierung extremer Niederschläge. Österr. Wasser- und Abfallwirtschaft **46**, 57-65.
- HAIDEN T. und PICHLER R. (1997) IDNDR - Mesoskaliges Kurzfrist-Vorhersagemodell. Projektteil: Analytisch-numerische Simulation extremer Niederschlagsereignisse im mesoskaligen Bereich. Aus: SKODA G. (Ed.): IDNDR-Tätigkeitsberichte zu den Phasen I bis VII (1991 bis 1997), Abschließender Bericht zu Phase VII. IMG der Universität Wien.
- HAMMER N. (1993) Eine optimierte Starkniederschlagsauswertung. Teil **III**: Optimierung - Erstellung von Regenhöhenlinien und Regenspendenlinien. Mitteilungsblatt des Hydrographischen Dienstes in Österreich, Heft **69**, 43-58.

- HAÖ (= Hydrologischer Atlas Österreichs) - BMLFUW (ed., 1. Lieferung, 2003): Kartentafeln **2.5, 2.6, 2.7**: Konvektive Starkniederschläge – Niederschlag in 15, 60 und 180 Minuten.
- HERSHFIELD D. M. (1968) Rainfall input for hydrologic models. In: General Assembly of Bern: Geochemistry, Precipitation, Evaporation, Soil Moisture, Hydrometry (Proc. General Assembly of the Int. Union of Geodesy and Geophysics, 25 Sept. – 7 Oct 1967), 177-188, IAHS Publ. no. 78.
- HUBERT P. (1996) Fractals et multifractals appliqués a l'étude de la variabilité temporelle des précipitations. International Hydrology Series: FEDDES R.A. (Ed.): Space and Time Scale Variability and Interdependencies in Hydrological Processes, 175 – 181.
- HUFF F. A. (1994) Record-breaking microstorm system supports new rainfall frequency estimates in Illinois. Bull. AMS, **75**, 7, 1223 – 1226.
- JENNINGS A. H. (1950) Worlds greatest observed point rainfalls. Monthly Weather Rev. **78**, 4.
- KREPS H. (1958) Über die Ermittlung der wahrscheinlichen Wiederkehr von Naturereignissen. Mitteilungsblatt des Hydrogr. Dienstes in Österreich, Heft **21**.
- KREPS H. und SCHIMPF H. (1965) Starkregen und Starkregenstatistik. Mit zahlreichen Beilagen und Karten. Mitteilungsblatt des Hydrogr. Dienstes in Österreich, Heft **42**, 1 – 44.
- LORENZ P. und SKODA G. (1997) Ermittlung von Flächenmitteln des Niederschlags aus punktuellen Messungen. Forschungsbericht beim BMLF, Abt. IV A 3, Wien.
- LORENZ P. and SKODA G. (1998) Area means of precipitation calculated from isolated measurements. 2<sup>nd</sup> European Conference On Applied Climatology (ECAC 98), 19 to 23 Oct. 1998, Vienna. Österr. Beiträge zu Meteorologie und Geophysik, Heft **19**, CD-ROM, Wien.
- LORENZ P. und SKODA G. (1999) Ermittlung von Flächenmitteln des Niederschlages aus punktuellen Messungen. Mitteilungsblatt des Hydrogr. Dienstes in Österreich. Heft **78**, 47-65.
- LORENZ P. und SKODA G. (2000) Bemessungsniederschläge kurzer Dauerstufen ( $D \leq 12$  Stunden) mit inadäquaten Daten. Mitteilungsblatt des Hydrogr. Dienstes in Österreich, Heft **80**, 1-24.
- LORENZ P. und SKODA G. (2001) Bemessungsniederschläge auf der Fläche für kurze Dauerstufen ( $D \leq 12$  Stunden) mit inadäquaten Daten. ÖWAV-Seminar-2000. „Wiener Mitteilungen; Wasser-Abwasser-Gewässer“, Technische Universität Wien.
- LOVEJOY S., SCHERTZER D., and LADOY P. (1986) Fractal characterization of inhomogeneous geophysical measuring networks. Nature **319**, 43 – 44.
- MALITZ G. (2001) Ermittlung beträchtlicher, extremer und vermutlich größter Gebietswerte der Niederschlagshöhe und des Niederschlagsdargebots in großen Flusseinzugsgebieten. KHR/IRMA DEFLOOD-Workshop; 6.-7.März 2001, Koblenz.
- MARX S. (1969) Über die extremsten Niederschlagsmengen auf der Erde. Z. für Meteorologie **21**.
- MATTERN M. (1996). Räumliche Abminderung von Starkniederschlägen. Diplomarbeit am Institut für Meteorologie und Geophysik der Universität Wien. 166 Seiten, Wien.
- NOBILIS F., HAIDEN T. und KERSCHBAUM M. (1990) Statistische Untersuchungen zur Frage des vermutlich größten Niederschlags (PMP) in Österreich Mitteilungsblatt des Hydrogr. Dienstes in Österreich, Heft **63**, 27 – 66.

- NOBILIS F., HAIDEN T., and KERSCHBAUM M. (1991) Statistical considerations concerning Probable Maximum Precipitation (PMP) in the Alpine country of Austria. Theor. Appl. Climatol. **44**, 89 – 94.
- ÖKOSTRA-93 (1992) Österreichische koordinierte Starkniederschlagsregionalisierung und –auswertung. Heft **3** (Ed. G. SKODA): Eine optimierte Starkniederschlagsauswertung. Forschungsbericht, BMLF, Wien.
- SCHIMPF H. (1970) Untersuchungen über das Auftreten beachtlicher Niederschläge in Österreich. Österr. Wasserwirtschaft **22**, 121 – 127.
- SCHIMPF H. (1970) Untersuchungen über das Auftreten beachtlicher Niederschläge in Österreich. Mitteilungen des Hydrogr. Zentralbüro. Heft **61**, (12. Hydrographentagung, 17.-21. Nov. 1969, Wien).
- SKODA G. (1993a) Eine optimierte Starkniederschlagsauswertung. Projektbericht Mitteilungsblatt des Hydrogr. Dienstes in Österreich, Heft **69**, 26 – 28.
- SKODA G. (1993b) Eine optimierte Starkniederschlagsauswertung. **I: Erste Erfahrungen mit ÖKOSTRA-93**. Mitt. Hydr. Dienst in Österr. **69**, 29 – 32.
- SKODA G. (1993c) Eine optimierte Starkniederschlagsauswertung. **II: Digitalisierung und Regenauswertung**. Das Programmpaket DRA. Mitteilungsblatt des Hydrogr. Dienstes in Österreich, Heft **69**, 33 – 42.
- SKODA G. (2001) Klimatologie extremer Niederschläge in Österreich für hydrologische Belange. Österr. Wasser- und Abfallwirtschaft **53**, Heft 3 / 4, 88 – 102.
- STADLBACHER K. (1998) Anwendungsmöglichkeiten der Dimensionsanalyse auf meteorologische Fragestellungen. § 6.3.: Extremniederschlag. Diplomarbeit am Institut für Meteorologie und Geophysik der Universität Wien.
- WATZINGER A. (1997) Investigation of some heavy floods in small Alpine catchment areas in Austria. Destructive Water: Water-Caused Natural Disasters (Proceedings of the Conference held at Anaheim, California, June 1996). IAHS Publ. no. 239, 67 – 76.
- WIESNER C. J. (1970) Hydrometeorology. Chapman and Hall Ltd., London.

### **Anschrift der Verfasser**

Univ.-Prof. Dr. Georg SKODA,  
Institut für Meteorologie und Geophysik der Universität Wien, UZA II, Althanstraße 14,  
A - 1090 WIEN

Dr. Viktor WEILGUNI,  
Referat VII/3a (Wasserhaushalt-Atmosphärischer Bereich), BMLFUW, Marxergasse 2,  
A - 1030 WIEN

Dr. Thomas HAIDEN,  
Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, Hohe Warte 38, A – 1190 WIEN

## **BERICHTE und MITTEILUNGEN**

### **Wasserrechtsgesetz-Novelle und Inkorporierung des Hydrographiegesetzes**

**F.Nobilis und R. Godina**

Am 29. August 2003 wurde im Bundesgesetzblatt für die Republik Österreich das 82. Bundesgesetz verlautbart, mit dem das Wasserrechtsgesetz 1959 und das Wasserbautenförderungsgesetz 1985 geändert werden sowie das Hydrographiegesetz aufgehoben wird. Die Gegenüberstellung der Textpassagen aus dem gültigen Hydrographiegesetz, welches spätestens mit Ende 2006 außer Kraft gesetzt wird und bis dahin gilt, und jenen in der WRG Novelle 2003 findet sich nachstehend. Damit ist ein guter Vergleich gegeben, welche Passagen gleich geblieben oder verändert bzw. ersatzlos gestrichen wurden. Außerdem wurde ein Überblick mit den Schlagwörtern des Hydrographiegesetzes und den betreffenden Paragraphen in der Wasserrechtsgesetz-Novelle angeschlossen.

Selbstverständlich hatte die Abteilung Wasserhaushalt (Hydrographisches Zentralbüro) kein Interesse daran, dass das gut durchdachte und überaus praktikable Hydrographiegesetz dem Wasserrechtsgesetz aufgepresst und auf mehrere Paragraphen verstreut aufgeteilt wird. Dabei finden sich relevante Textpassagen nun in den §§ 55k, 59c, 59i, 72 (1), 72 (2), 143b (1), 143b (2) und 143b (3). Allerdings lag die letzte Entscheidung über die Inkorporierung des Hydrographiegesetzes in das Wasserrechtsgesetz nicht in den Händen der Abteilung. Auch die berechtigten Einwände, dass z.B. bei der Betrachtung der Messnetze sinnvoller Weise das dichteste Netz, nämlich das Basisnetz der Hydrographie als Oberbegriff zu sehen ist und dünnere Netze, wie die Überwachungsnetze, darin abgebildet sein müssen, wurden ebenso ignoriert, wie der Einwand, keinesfalls den Begriff "Unterirdisches Wasser" durch "Grundwasser" zu ersetzen. Die Tatsache, dass dieser fachlich nicht hinreichende Begriff bereits im WRG war und daher weiter verwendet werden muss, zeigt schon an diesem einen Beispiel, wie sanierungsbedürftig auch aus fachlicher Sicht das gesamte WRG ist.

Der Auslöser für diese Wasserrechtsgesetz-Novelle war die fristgerechte Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie in nationales Recht gewesen. Das Wasserrechtsgesetz war in den vergangenen Jahrzehnten durch verschiedene Änderungen immer unhandlicher geworden und die detaillierte Berücksichtigung von Forderungen aus der WRRL sowie die Inkorporierung des Hydrographiegesetzes haben die Handbarkeit des Wasserrechtsgesetzes nicht verbessert. Zweifellos wird es in den nächsten Jahren eine

Reihe von Novellen zum Wasserrechtsgesetz geben. Die bisherigen Hydrographieverordnungen werden nach Außerkraftsetzung des Hydrographiegesetzes, das derzeit nach wie vor gilt, durch die Wasserkreislaufferhebungsverordnung ersetzt werden. Diese soll nicht nur die Anforderungen des Basisnetzes für die Hydrographie, sondern auch die Erfordernisse der Überwachungsnetze entsprechend den Vorgaben der WRRL enthalten und noch vor Ende 2004 vorliegen.

Die Gegenüberstellungen auf den nächsten Seiten mögen für das Verständnis hilfreich sein. Zu diesem Zweck wurden auch die für die Hydrographie relevanten Textpassagen in der WRG-Novelle fett geschrieben und zum Teil, wenn für das Verständnis notwendig, auch der restliche Text des jeweiligen Paragraphen oder Absatzes in Normalschrift belassen. In der Spalte, welche sich mit dem Hydrographiegesetz beschäftigt, ist der Originaltext in einer anderen Schrift als die Anmerkungen.

Nochmals sei angemerkt, dass das Hydrographiegesetz derzeit noch gilt, spätestens jedoch mit Ende 2006 außer Kraft gesetzt werden wird.

**Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und  
Wasserwirtschaft  
Sektion VII (Wasser) Abteilung VII/3 – Wasserhaushalt (HZB)**

---

**WRG – Novelle 2003**

**Gegenüberstellung Hydrographiegesetz i.d.g.F.**

Wien, am 21.08.2003

Inhaltsverzeichnis (WRG – Gesetz)

<b><i>SIEBENTER ABSCHNITT</i></b>	<b><i>103</i></b>
<b>Erhebung des Zustandes von Gewässern - Wasserkreislauf und Wassergüte (Hydrografie)</b>	
Grundsätze der Überwachung und der Erhebung	103
<b>Überwachungsprogramme</b>	<b>104</b>
<b>Überblicksweise Überwachung</b>	<b>105</b>
<b>Operative Überwachung</b>	<b>105</b>
<b>Überwachung zu Ermittlungszwecken</b>	<b>107</b>
<b>Umsetzung der Überwachungsprogramme</b>	<b>108</b>
<b>Verfahren für die Umsetzung der Überwachungsprogramme</b>	<b>109</b>
<b>Nationale, supra- und internationale Berichte</b>	<b>111</b>
<b>Kostentragung für die Erhebung des Zustandes von Gewässern - Wasserkreislauf und Wassergüte</b>	
	111
<b><i>Überblick</i></b>	<b><i>114</i></b>

Hydrographiegesetz (I.D.G.F.)	WRG – Novelle 2003
<p><u>Vorbemerkung:</u> Die grundlegenden Entsprechungen zu den Ausführungen im Hydrographiegesetz finden sich vor allem im siebenten Abschnitt der WRG-Novelle "Erhebung des Zustandes von Gewässern – Wasserkreislauf und Wassergüte (Hydrografie)", wobei in § 59c WRG die Grundsätze der Überwachung und der Erhebung festgeschrieben sind. Dabei wird hinsichtlich des Zustandes ein Überwachungsnetz definiert, welches für die überblicksweise und für die operative Überwachung ausreichen soll. Für die Erhebung des Wasserkreislaufes ist ein dichteres Basisnetz vorgesehen, welches die Überwachungsnetze jedenfalls beinhaltet. Für die Beschreibung des ökologischen Zustandes sind u.U. auch hydrographische Kenngrößen notwendig.</p> <p><u>Anmerkung:</u> Zwar wurde das "unterirdische Wasser" im Hydrographiegesetz durch "Grundwasser" in der WRG-Novelle ersetzt; Die Gültigkeit des Erhebungsbereiches bleibt aber trotzdem bestehen. § 3 Abs.1 lit.b WRG 1959, auf den in den Erläuterungen zu § 30c Bezug genommen wird, verwendet die Begriffe „unterirdisches Wasser“ und „Grundwasser“ synonym</p>	<p style="text-align: center;"><b>SIEBENTER ABSCHNITT</b></p> <p style="text-align: center;"><b>Erhebung des Zustandes von Gewässern - Wasserkreislauf und Wassergüte (Hydrografie)</b> Grundsätze der Überwachung und der Erhebung</p> <p>§ 59c.</p> <p>(1) <b>Zur Erhebung des Zustandes von Gewässern ist ein Überwachungsnetz entsprechend den nachfolgenden Bestimmungen zu errichten. Das Überwachungsnetz ist so auszulegen, dass sich daraus ein kohärenter und umfassender Überblick über</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <b>den ökologischen und chemischen Zustand der Oberflächengewässer</b> gewinnen lässt und die Oberflächenwasserkörper entsprechend Anhang D in fünf Klassen eingeteilt werden können;</li> <li>2. <b>den mengenmäßigen</b> und chemischen Zustand des Grundwassers gewinnen lässt.</li> </ol> <p>(2) <b>Das Basisnetz für die Erhebung des Wasserkreislaufes ist so auszulegen, dass</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <b>sich eine detaillierte Wasserbilanz ermitteln lässt und</b></li> <li>2. <b>jedenfalls die Anforderungen an ein quantitatives Überwachungsnetz gemäß Abs.1 abgedeckt werden können.</b></li> </ol>
<p>§ 1.</p> <p>(1) Die Erhebung des Wasserkreislaufes hat sich auf das Oberflächenwasser, das unterirdische Wasser einschließlich der Quellen, den Niederschlag, die Verdunstung und die Feststoffe in den Gewässern hinsichtlich Verteilung nach Menge und Dauer, die Temperatur von Luft und Wasser, die Eisbildung in den Gewässern und im Hochgebirge sowie auf die den Wasserkreislauf beeinflussenden oder durch ihn ausgelösten Nebenerscheinungen zu beziehen.</p> <p><u>Anmerkung:</u> Die Wasserkreislaufferhebungsverordnung (WKEV) ist neu und wird die Hydrographieverordnungen ersetzen.</p> <p>§ 2.</p>	<p>§ 59c.</p> <p>(3) <b>Die Erhebung des Wasserkreislaufes (Abs.2) hat sich auf das Oberflächengewässer, das Grundwasser und die Quellen, den Niederschlag, die Verdunstung und die Feststoffe in den Gewässern hinsichtlich Verteilung nach Menge und Dauer, die Temperatur von Luft und Wasser, die Eisbildung in den Gewässern und im Hochgebirge sowie auf die den Wasserkreislauf beeinflussenden oder durch ihn ausgelösten Nebenerscheinungen zu beziehen. Vorbehaltlich der in §§ 59e Abs.2 und 3 sowie 59f Abs.2 und 3 getroffenen Regelungen hat der Bundesminister für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft durch Verordnung (Wasserkreislaufferhebungsverordnung – WKEV):</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <b>Art, Umfang und örtlichen Bereich der durchzuführenden Beobachtungen und Messungen zu bestimmen;</b></li> <li>2. <b>Sofern es im Interesse bestimmter wasserwirtschaftlicher Ziele oder zur Erprobung neuer Geräte oder Verfahren erforderlich ist, in bestimmten örtlichen Bereichen (Planungsräumen) Beobachtungen und Messungen mit weiteren staatlichen gewässerkundlichen Einrichtungen vorzuschreiben.</b></li> </ol> <p>(4) <b>Soweit die Wasserkreislaufferhebungsverordnung den Wirkungsbereich der Wasserstraßendirektion berührt, bedarf sie hinsichtlich der in Abs.3 Z 1 und 2 genannten Kriterien des Einvernehmens mit dem Bundesminister für Verkehr, Industrie und Technologie.</b></p>

Hydrographiegesetz (I.D.G.F.)	WRG – Novelle 2003
<p>(1) Die Erhebungen des Wasserkreislaufes sind nach folgenden Flussgebieten zu gliedern:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Rhein</li> <li>Donau oberhalb des Inn</li> <li>Inn bis zur Salzach</li> <li>Salzach</li> <li>Inn unterhalb der Salzach</li> <li>Donau vom Inn bis zur Traun</li> <li>Traun</li> <li>Enns</li> <li>Donau von der Traun bis zum Kamp (ohne Enns)</li> <li>Donau vom Kamp einschließlich bis zur Leitha (ohne March);</li> <li>Moldau</li> <li>March</li> <li>Leitha</li> <li>Rabnitz und Raab</li> <li>Mur</li> <li>Drau</li> </ul> <p>(2) Die Abgrenzung der einzelnen Flussgebiete ergibt sich aus Anlage A.</p>	<p><u>Anmerkung:</u> Die Aufgliederung von Basismessnetz und Überwachungsnetz der hydrographischen Messstellen nach den Erfordernissen der Hydrographie und der Wasserrahmenrichtlinie erfolgt in der noch zu erlassenden Wasserkreislaufferhebungsverordnung. Daher wird auf die in der WRG-Novelle vorkommenden administrativen Flussgebietseinheiten, Oberflächen- und Grundwasserkörper in dieser noch zu erlassenden Wasserkreislaufferhebungsverordnung eingegangen werden.</p>
<p><u>Anmerkung:</u> Hinsichtlich der Ausführungen in der WRG-Novelle betreffend Überwachungsprogramme sind nur jene Ausführungen relevant (hervorgehoben), die im Hinblick auf die Messstellen des Hydrographischen Dienstes zu sehen sind.</p>	<p style="text-align: center;"><b>Überwachungsprogramme</b></p> <p><b>§ 59d.</b></p> <p>(1) Für jeden Zeitraum, für den ein Nationaler Gewässerbewirtschaftungsplan (§ 55c) erlassen wird, ist auf der Grundlage der Analyse der Eigenschaften (§ 59) und der Belastungsregister (§§ 59, 59a) ein Programm für die überblicksweise Überwachung (§ 59e) und für die operative Überwachung (§ 59f) zu erstellen. In den in § 59g genannten Fällen können Überwachungsprogramme zu Ermittlungszwecken erstellt werden.</p> <p>(2) <b>Überwachungsprogramme für Oberflächengewässer haben jene Parameter, die für die Beschreibung jeder relevanten Qualitätskomponente eines Oberflächenwasserkörpers oder einer Gruppe von Oberflächenwasserkörpern kennzeichnend sind, zu umfassen.</b> Bei der Auswahl der Parameter für die biologischen Qualitätskomponenten ist das geeignete Klassifizierungsniveau zu ermitteln, das für das Erreichen einer angemessenen Zuverlässigkeit und Genauigkeit bei der Klassifizierung der Qualitätskomponenten erforderlich ist. Es sind Schätzungen hinsichtlich des in den Überwachungsprogrammen vorgesehenen Grads der Zuverlässigkeit und Genauigkeit durchzuführen; diese sind in den Nationalen Gewässerbewirtschaftungsplan (§ 55c) aufzunehmen.</p> <p>(3) <b>Überwachungsprogramme für Grundwasser haben jene Parameter zu umfassen, mit denen eine Beschreibung des mengenmäßigen und chemischen Zustandes der Grundwasserkörper oder der Gruppen von Grundwasserkörpern vorgenommen und das Vorhandensein langfristiger Trends anthropogener Einwirkungen festgestellt werden kann.</b></p>

Hydrographiegesetz (I.D.G.F.)	WRG – Novelle 2003
<p><u>Anmerkung:</u> Hinsichtlich der Ausführungen in der WRG-Novelle betreffend überblicksweise Überwachung sind nur jene Ausführungen relevant, die im Hinblick auf die Messstellen des Hydrographischen Dienstes zu sehen sind. Eine entsprechende Absprache über die Lage der überblicksweisen Messstellen wird ressortintern erfolgen. Diese werden in der WKEV jedenfalls enthalten sein.</p>	<p style="text-align: center;"><b>Überblicksweise Überwachung</b></p> <p>§ 59e. <b>(1) Ziel der überblicksweisen Überwachung ist die Bereitstellung von Informationen betreffend</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li><b>1. Ergänzung und Validierung des Verfahrens zur Beurteilung der Auswirkungen von signifikanten anthropogenen Belastungen (§§ 59, 59a);</b></li> <li><b>2. wirksame und effiziente Gestaltung künftiger Überwachungsprogramme;</b> <ol style="list-style-type: none"> <li><b>a) mit dem Nichterreichen eines guten Grundwasserzustandes, eines guten ökologischen Zustandes oder gegebenenfalls eines guten ökologischen Potentials oder</b></li> <li><b>b) mit einer Verschlechterung des Zustandes eines Oberflächenwasser- oder Grundwasserkörpers zu rechnen ist,</b></li> <li>c) durch Schadstoffeinträge mit einer Verschlechterung von einem sehr guten zu einem guten Zustand eines Oberflächenwasserkörpers in der Folge einer neuen nachhaltigen Entwicklungstätigkeit zu rechnen ist, sind jedenfalls Vorhaben, bei denen Auswirkungen auf öffentliche Rücksichten zu erwarten sind (§§ 104 Abs. 1, 106).</li> </ol> </li> </ol>
<p><u>Anmerkung:</u> Hinsichtlich der Ausführungen in der WRG-Novelle betreffend operative Überwachung sind nur jene Ausführungen relevant, die im Hinblick auf die Messstellen des Hydrographischen Dienstes zu sehen sind.</p> <p><u>Anmerkung:</u> Hier werden in der WRG-Novelle unter dem Punkt 2 von § 59f (2) Kriterien für Oberflächenwasserkörper und Grundwasserkörper zitiert bzw. Parameter und deren Überwachungsfrequenz festgelegt, die u.U. hydrographische Parameter notwendig machen. Eine entsprechende Abstimmung über die Lage der operativen Messstellen wird ressortintern erfolgen. Zudem werden sie in der WKEV enthalten sein.</p>	<p style="text-align: center;"><b>Operative Überwachung</b></p> <p>§ 59f. <b>(1) Ziel der operativen Überwachung ist</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li><b>1. den Zustand jener Oberflächenwasser- und Grundwasserkörper zu bestimmen, bei denen festgestellt wird, dass sie entsprechen den Ergebnissen der Ist-Bestandsanalyse die für sie geltenden Umweltziele möglicherweise nicht erreichen und</b></li> <li><b>2. alle auf die Maßnahmenprogramme zurückgehenden Veränderungen am Zustand derartiger Oberflächenwasser- und Grundwasserkörper zu bewerten;</b></li> <li><b>3. Bestimmung des Gewässerzustandes im Hinblick auf bilaterale Verpflichtungen;</b></li> <li><b>4. kontinuierliche Dokumentation des Gewässerzustandes bedeutender Oberflächenwasserkörper;</b></li> <li><b>5. für Grundwasserkörper und Gruppen von Grundwasserkörpern das Vorhandensein langfristiger Trends anthropogener Einwirkungen festzustellen.</b></li> </ol> <p>Das operative Überwachungsprogramm kann während der Geltungsdauer des Nationalen Gewässerbewirtschaftungsplanes (§ 55c) geändert werden (z.B. Festlegung geringerer Überwachungsfrequenzen), wenn im Planungsprozess anhand von Ergebnissen und Informationen im Rahmen des Wasserinformationssystems Austria festgestellt wird, dass es sich um eine nicht signifikante Auswirkung handelt oder die relevante Belastung aufgehört hat.</p> <p><b>(2) Für die Durchführung der operativen Überwachung hat der Bundesminister für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft mit</b></p>

Hydrographiegesetz (I.D.G.F.)	WRG – Novelle 2003
	<p><b>Verordnung</b></p> <p>a) <b>an Oberflächenwasserkörpern oder Gruppen von Oberflächenwasserkörpern Messstellen einzurichten,</b></p> <p>1. <b>wenn aufgrund vorhandener und gesammelter Informationen, insbesondere Daten aus der Umweltüberwachung zur Überprüfung der Auswirkungen oder aufgrund der überblicksweisen Überwachung festgestellt wird, dass sie möglicherweise die für sie gemäß §§ 30a und d geltenden Umweltziele nicht erfüllen;</b></p> <p>2. <b>wenn in diese Stoffe der Liste prioritärer Stoffe eingeleitet werden.</b></p> <p><b>Bei der Auswahl der Überwachungsstellen ist folgendermaßen vorzugehen:</b></p> <p>b) <b>an Grundwasserkörpern beziehungsweise Gruppen von Grundwasserkörpern Messstellen einzurichten</b></p> <p>- <b>bei denen sowohl aufgrund der Beurteilung der Auswirkungen als auch der überblicksweisen Überwachung das Risiko besteht, dass die Umweltziele gemäß §§ 30c und d nicht erreicht werden,</b></p> <p>- <b>die eine Repräsentativität der an diesen Stellen gewonnenen Überwachungsdaten für die Qualität des jeweiligen Grundwasserkörpers oder der jeweiligen Gruppe von Grundwasserkörpern gewährleisten.</b></p> <p>c) jene Parameter (Qualitätskomponenten) auszuwählen, die für die Belastungen des Oberflächenwasser- oder Grundwasserkörpers bzw. Teilen von Oberflächenwasser- oder Grundwasserkörpern kennzeichnend sind, insbesondere .....</p> <p>d) die für jeden Parameter erforderliche Überwachungsfrequenz so festzulegen, dass für eine zuverlässige Bewertung des Zustandes der relevanten Qualitätskomponente ausreichende Daten beschafft werden können. Die Frequenzen sind so zu wählen, dass ein annehmbarer Grad der Zuverlässigkeit und Genauigkeit erreicht wird, wobei auch der Schwankungsbreite bei den Parametern, die sowohl auf natürliche als auch auf anthropogene Ursachen zurückgehen, Rechnung zu tragen ist.</p> <p>Die Zeitpunkte, zu denen die Überwachung durchgeführt wird, sind so zu wählen, dass die Auswirkungen jahreszeitlich bedingter Schwankungen auf die Ergebnisse so gering wie möglich sind und somit gesichert wird, dass Veränderungen des Oberflächenwasser- oder Grundwasserkörpers als Veränderungen infolge anthropogener Belastungen in den Ergebnissen ausgewiesen werden. Erforderlichenfalls sind in verschiedenen Jahreszeiten des gleichen Jahres zusätzliche Überwachungen durchzuführen, um dieses Ziel zu erreichen.</p> <p><b>(3) Verordnungen gemäß Abs. 2 können ferner enthalten:</b></p>

Hydrographiegesetz (I.D.G.F.)	WRG – Novelle 2003
<p><u>Anmerkung:</u> Die künftige WKEV wird auf allfällige hydrographische Notwendigkeiten Bezug nehmen.</p>	<p><b>1. Methoden und Verfahren für die Probenahme und -analyse;</b> <b>2. Angaben über die Errichtung und Ausstattung von Messstellen sowie von gewässerkundlichen Einrichtungen.</b></p>
<p><u>Anmerkung:</u> Auch hier könnten sich Notwendigkeiten für den Hydrographischen Dienst ergeben, auf denen in der zu erlassenden WKEV einzugehen sein wird.</p>	<p style="text-align: center;"><b>Überwachung zu Ermittlungszwecken</b></p> <p><b>§ 59g.</b> Eine Überwachung zu Ermittlungszwecken ist erforderlichenfalls – als Aufgabe der Gewässeraufsicht – durchzuführen,</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) falls die Gründe für Überschreitungen unbekannt sind;</li> <li>b) falls aus der überblicksweisen Überwachung hervorgeht, dass die gemäß §§ 30a, c und d für einen Oberflächenwasser- oder Grundwasserkörper festgesetzten Umweltziele voraussichtlich nicht erfüllt werden und noch keine operative Überwachung festgelegt worden ist, wobei das Ziel verfolgt wird, die Gründe für das Nichterreichen der Umweltziele in einem oder mehreren Oberflächenwasser- oder Grundwasserkörper(n) festzustellen;</li> <li>c) um das Ausmaß und die Auswirkungen unbeabsichtigter Verschmutzungen festzustellen;</li> <li>d) zur Informationsverdichtung für die Erstellung von Maßnahmenprogrammen;</li> <li>e) wenn aus einer Öffentlichkeitsbeteiligung nachvollziehbar belegt hervorgeht, dass für einen Oberflächenwasser- oder Grundwasserkörper ein begründetes Risiko besteht;</li> <li>f) wenn im Rahmen eines neuen Bewilligungsverfahrens hervorgeht, dass für den Oberflächenwasser- oder Grundwasserkörper das Risiko besteht, die Umweltziele (§§ 30a, c und d) nicht zu erreichen.</li> </ul> <p><u>Anmerkung:</u> Diese Einzelheiten werden im Rahmen der noch zu erlassenden Wasserkreislaufferhebungsverordnung (WKEV) entsprechend den Bedürfnissen des Basis- und Überwachungsnetzes geregelt.</p>
<p><b>§ 3.</b> (1) In den einzelnen Flußgebieten sind Beobachtungen und Messungen mit den aus Anlage B nach Art und Anzahl ersichtlichen staatlichen gewässerkundlichen Einrichtungen (Basisnetz) und mit den erforderlichen mobilen Beobachtungs- und Meßgeräten (insbesondere Durchflußmeßgeräte, Grundwassermeßgeräte einschließlich geophysikalischer Meßgeräte, Thermometer) anzustreben. Zu den gewässerkundlichen Einrichtungen gehören auch die unmittelbar zu deren Schutz oder zur Erzielung einwandfreier Messungen notwendigen ortsfesten Anlagen wie insbesondere Pegelhäuschen und Jalousiehütten. Beobachtungen und Messungen sind mit gewässerkundlichen Einrichtungen einschließlich mobiler Beobachtungs-, Mess- und Hilfsgeräte durchzuführen, die einen den Erfordernissen der</p>	<p><u>Anmerkung:</u> Dies wird in § 59c (3) Punkt 1 geregelt.</p>

Hydrographiegesetz (I.D.G.F.)	WRG – Novelle 2003
Hydrographie entsprechenden Stand der Technik aufweisen.	
<p><b>§ 3.</b>            (2) Art, Umfang und örtlicher Bereich (Flussgebiet) der durchzuführenden Beobachtungen und Messungen sind vom Bundesminister für Land- und Forstwirtschaft im Rahmen des Abs. 1 nach den Erfordernissen der Hydrographie durch Verordnung zu bestimmen.</p>	<p><u>Anmerkung:</u>            Darauf wird in § 59 c (3) Punkt 2 eingegangen.</p>
<p><b>§ 3.</b>            (3) Im Interesse bestimmter wasserwirtschaftlicher Ziele oder zur Erprobung neuer Geräte oder Verfahren kann der Bundesminister für Land- und Forstwirtschaft im Einvernehmen mit dem Bundesminister für Finanzen in bestimmten örtlichen Bereichen (Flußgebieten) Beobachtungen und Messungen mit weiteren staatlichen gewässerkundlichen Einrichtungen durch Verordnung vorschreiben.</p>	<p><u>Anmerkung:</u>            Darauf wird in § 59c (3) Punkt 4 eingegangen.</p>
<p><b>§ 3.</b>            (4) Soweit Verordnungen nach Abs. 2 und 3 den Wirkungsbereich der Wasserstraßendirektion berühren, bedürfen sie des Einvernehmens mit dem Bundesminister für wirtschaftliche Angelegenheiten.</p> <p>(5) Die Verordnungen gemäß Abs. 2 und 3 sind durch Auflage beim Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft zur öffentlichen Einsicht während der Amtsstunden kundzumachen. Sie sind überdies dem Landeshauptmann, in dessen Wirkungsbereich die Beobachtungen und Messungen durchzuführen sind, zur öffentlichen Einsicht durch Auflage zu übermitteln.</p>	<p><u>Anmerkung:</u>            Die künftige Wasserkreislaufferhebungsverordnung (WKEV) wird im BGBl. veröffentlicht werden.</p>
<p><b>§ 4.</b>            (1) Der Landeshauptmann hat die Beobachtungen und Messungen durchzuführen, soweit nicht in den §§ 5, 5a und 6 anderes vorgesehen ist.</p>	<p><u>Anmerkung:</u>            Die Erhebungsverpflichtung des Landeshauptmannes deckt sich mit jener gemäß § 4 Hydrografiegesetz, da der Klammerausdruck in § 59i Abs.1 lit.a WRG (neu) – aufgrund eines parlamentarischen Abänderungsantrages der Regierungsparteien – auf die §§ 59c, e und f verweist.</p> <p><b>Umsetzung der Überwachungsprogramme § 59h.</b>  <b>Die Überwachungsprogramme (§§ 59c bis g) sind bis spätestens 22.12.2006 von den in den §§ 59c bis g genannten Stellen umzusetzen. Die Erhebung und Überwachung ist entsprechend dem in § 59i festgelegten Verfahren durchzuführen.</b></p>



Hydrographiegesetz (I.D.G.F.)	WRG – Novelle 2003
<p><u>Anmerkung:</u> Dies entspricht § 6 (1) des HyG.</p>	<p><b>Landeshauptmann über Verlangen in geeigneter Weise bekannt zu geben.</b></p> <p><b>(4) Die Bundeswasserstraßendirektion hat in ihrem Wirkungsbereich zum Zwecke der Regulierung und Instandhaltung der Donau und des Baues und der Instandhaltung von Wasserstraßen Beobachtungen und Messungen durchzuführen. Sie hat die Daten zu verarbeiten und so rasch wie möglich dem Bundesminister für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft zu übermitteln.“</b></p>
<p>§4 (4) Die hydrographischen Daten (§ 4 Abs. 3 und § 6 Abs. 1) und die Daten der Erhebung der Wassergüte sind Umweltdaten im Sinne des Umweltinformationsgesetzes, BGBl. Nr. 495/1993.</p>	<p><u>Anmerkung:</u> Da nach dem Umweltinformationsgesetz alle Zustandsdaten der Gewässer bzw. der Atmosphäre Umweltdaten im Sinne des Gesetzes sind, wird in der WRG-Novelle auf einen solchen Passus verzichtet.</p>
<p>§ 4a. (1) Arbeitsprogramme für die Erhebung des Wasserkreislaufes umfassen Festlegungen über die Errichtung und Ausstattung von gewässerkundlichen Einrichtungen, über Maßnahmen zur Qualitätssicherung, den Umfang der Beobachtungselemente, die Frequenz der Beobachtungen und Messungen sowie über die finanzielle Abwicklung.  (3) Die Arbeitsprogramme gemäß dem ersten und zweiten Absatz werden vom Bundesminister für Land- und Forstwirtschaft durch Verordnung getroffen.</p>	<p><u>Anmerkung:</u> Darauf wird in § 59i (1)a und (2)d eingegangen. Die Arbeitsprogramme sind in der noch zu erlassenden Wasserkreislaufferhebungsverordnung zu finden. Die Kostentragung für die Erhebung des Zustandes von Gewässern – Wasserkreislauf ist im § 143b (1) und (3) enthalten. Dieser ist parallel zu § 10 Hydrographiegesetz angeführt.</p>
<p><b>§ 5.</b> (1) Alle Personen, die gewässerkundliche Einrichtungen (§ 57 Abs. 1 und § 58 Abs. 1 WRG 1959, BGBl. Nr. 215) verwenden, sind verpflichtet, die von ihnen beobachteten und gemessenen Daten dem Landeshauptmann bekanntzugeben. (2) Die Mitteilung dieser Daten hat für die einzelnen gewässerkundlichen Einrichtungen zeitlich geordnet und so zu erfolgen, dass eine allgemeine Auswertungsmöglichkeit und Vergleichbarkeit gegeben ist.</p>	<p><u>Anmerkung:</u> Darauf wird in § 59i (3) eingegangen.</p> <p><u>Anmerkung:</u> In § 59i (3) wird "in geeigneter Weise" dafür verwendet.</p>
<p><b>§ 6.</b> (1) Die Wasserstraßendirektion hat in ihrem Wirkungsbereich zum Zwecke der Regulierung und Instandhaltung der Donau und des Baues und der Instandhaltung von Wasserstraßen Beobachtungen und Messungen durchzuführen, die Daten unter sinngemäßer Anwendung des § 4 Abs. 2 zu verarbeiten und so rasch wie möglich dem Bundesminister für Land- und Forstwirtschaft zu übermitteln.</p>	<p><u>Anmerkung:</u> Darauf wird in § 59i (4) eingegangen.</p>

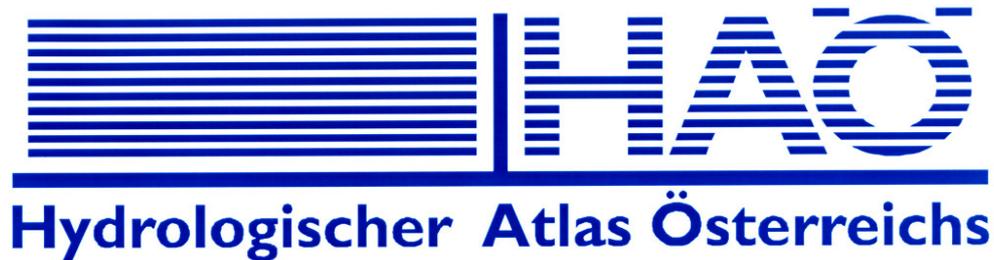
<p><b>§ 7.</b>                  (1) Der Landeshauptmann hat für die Verbreitung von hydrographischen Nachrichten insoweit zu sorgen, als dies für den Betrieb der Schifffahrt, die Wassernutzung, die Erfüllung internationaler Verpflichtungen und die Abwehr von Gefahren für Leben und Eigentum notwendig ist.</p> <p>(2) Aus Abs. 1 erwächst niemandem ein Recht.</p>	<p>Anmerkung:                  Dem § 7 (1) und (2) des HG wird in § 59i (1)b entsprochen.</p>
<p><b>§ 8.</b>                  (1) Die gemäß § 4 Abs. 3 und § 6 übermittelten Daten sind vom Bundesminister für Land- und Forstwirtschaft zusammenfassend zu bearbeiten.</p> <p>(2) Die Ergebnisse der in Abs. 1 genannten Bearbeitungen, die von allgemeiner Bedeutung sind, sind vom Bundesminister für Land- und Forstwirtschaft zu veröffentlichen; insbesondere ist für jedes Jahr ein Hydrographisches Jahrbuch herauszugeben.</p>	<p><b>Nationale, supra- und internationale Berichte § 55k.</b></p> <p><b>(2) Der Bundesminister für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft hat die Ergebnisse der Erhebung des Wasserkreislaufes und der Wassergüte in geeigneter Form, insbesondere als Berichte oder im Internet zu veröffentlichen (Hydrografisches Jahrbuch, Wassergütererhebungsbericht).</b></p>
<p><b>§ 9.</b>                  (1) Grundeigentümer haben die Errichtung, die Erhaltung und den Bestand von staatlichen gewässerkundlichen Einrichtungen sowie die Vornahme von Beobachtungen und Messungen auf ihren Liegenschaften gegen Ersatz der ihnen hiedurch verursachten vermögensrechtlichen Nachteile zu dulden.</p> <p>(2) Auf Antrag des Grundeigentümers hat die Wasserrechtsbehörde über Art und Ausmaß der im Abs. 1 genannten Verpflichtungen unter sinngemäßer Anwendung des 9. Abschn. WRG 1959 zu entscheiden.</p> <p>(3) Ersatzansprüche (Abs. 1) sind bei sonstigem Verlust binnen einem Jahr nach dem Tag, an dem der Betroffene von dem Schaden Kenntnis erlangt hat, bei der Wasserrechtsbehörde geltend zu machen (§ 117 WRG 1959).</p>	<p>Anmerkung:                  Der § 72 WRG betrifft das Betreten und die Benutzung fremder Grundstücke. In der Novelle 2003 wurde in Abs. 1 die Duldungsverpflichtung der Eigentümer von Grundstücken und Wasserberechtigten ausgedehnt:</p> <p><i>In § 72 Abs. 1 wird in lit. f das Wort „sowie“ durch einen Beistrich ersetzt und wird folgende lit. g eingefügt; die bestehende lit. g erhält die Bezeichnung „h“:</i></p> <p><b>„g) zur Errichtung, Erhaltung und für den Bestand von staatlichen gewässerkundlichen Einrichtungen, sowie zur Vornahme von Beobachtungen und Messungen sowie“</b></p> <p>Anmerkung:                  Die Entsprechungen zu (2) und (3) finden sich in den § 72 Abs.1 letzter Satz und Abs.2 WRG 1959. Hinsichtlich dieser Bestimmungen erfolgte keine Novellierung.</p>
<p><b>§ 10.</b>                  (1) Im Bereich der mittelbaren Bundesverwaltung sind vom Bund zu tragen:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. die Errichtungs- und Anschaffungskosten der zur Durchführung der Beobachtungen und Messungen (§ 3 Abs. 2 und 3 und § 3a) erforderlichen gewässerkundlichen Einrichtungen und mobilen Beobachtungs- und Meßgeräte zur Gänze,</li> <li>2. der angemessene Aufwand für die Beobachter der gewässerkundlichen Einrichtungen zu zwei Dritteln</li> </ol> <p>(2) Der Bundesminister für Land- und Forstwirtschaft hat im Einvernehmen mit dem Bundesminister für Finanzen dem Landeshauptmann bekannt zu geben, welcher Aufwand im Sinne des Abs. 1 Z 2 als angemessen gilt</p>	<p><b>Kostentragung für die Erhebung des Zustandes von Gewässern - Wasserkreislauf und Wassergüte §143b.</b></p> <p><b>(1) Im Bereich der mittelbaren Bundesverwaltung sind Kosten und Aufwand für die Vollziehung der §§ 59c bis f sowie §§ 59h und 59i vom Bund zu tragen wie folgt:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li><b>1. die Errichtungs- und Anschaffungskosten der zur Durchführung der Beobachtungen und Messungen erforderlichen gewässerkundlichen Einrichtungen und mobilen Beobachtungs- und Messgeräte zur Gänze;</b></li> <li><b>2. der angemessene Aufwand für die Beobachter für die gewässerkundlichen Einrichtungen zu zwei Dritteln;</b></li> <li><b>3. der Aufwand für die Beobachtung der Wassergüte zu zwei Dritteln, an der Donau und</b></li> </ol>

<p>(3) Das Land übernimmt alle übrigen Aufwendungen, insbesondere für die Instandhaltung und den Betrieb der gewässerkundlichen Einrichtungen (§ 3 Abs. 2 und 3 und § 3a) sowie für die Verbreitung hydrographischer Nachrichten (§ 7 Abs. 1).</p>	<p><b>den Grenzgewässern zur Gänze.</b></p> <p><b>(2) Der Bundesminister für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft hat im Einvernehmen mit dem Bundesminister für Finanzen dem Landeshauptmann bekannt zu geben, welcher Aufwand im Sinne des Abs. 1 Z 2 als angemessen gilt und welche Vorgangsweise für die Ermittlung des Aufwandes im Sinne des Abs. 1 Z 3 heranzuziehen ist. Der Aufwand für die Beobachtung der Wassergüte hat sich hiebei grundsätzlich aus den Zuschlagspreisen des Vergabeverfahrens zu ergeben.</b></p> <p><b>(3) Das Land übernimmt alle übrigen Aufwendungen, insbesondere für die Instandhaltung und den Betrieb der gewässerkundlichen Einrichtungen sowie die Verbreitung hydrographischer Nachrichten.“</b></p>
<p><b>§ 10a.</b></p> <p>(1) Wer</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Daten entgegen der Verpflichtung gemäß § 5 Abs. 1 oder § 5 a dem Landeshauptmann nicht bekannt gibt oder</li><li>2. Daten entgegen der Verpflichtung gemäß § 5 Abs. 2 nicht für die einzelnen gewässerkundlichen Einrichtungen gesondert, nicht zeitlich geordnet oder so mitteilt, daß die allgemeine Auswertungsmöglichkeit oder Vergleichbarkeit fehlt, oder</li><li>3. die Errichtung, die Erhaltung oder den Bestand von staatlichen gewässerkundlichen Einrichtungen beeinträchtigt oder die Vornahme von Beobachtungen oder Messungen auf seinen Liegenschaften entgegen der Verpflichtung gemäß §9 Abs. 1 behindert, begeht eine Verwaltungsübertretung und ist von der Bezirksverwaltungsbehörde mit einer Geldstrafe bis zu 10.000,- S zu bestrafen, sofern die Tat nicht nach einer anderen Vorschrift mit strengerer Strafe bedroht ist.</li></ol> <p>(2) Der Versuch ist strafbar.</p>	<p><u>Anmerkung:</u> Da diese Strafbestimmung seit Inkrafttreten des Hydrographiegesetzes nicht angewendet wurde, ist sie als obsolet bezeichnet und nicht in die WRG-Novelle aufgenommen worden.</p>
<p><b>§ 11.</b></p> <p>Mit der Vollziehung dieses Bundesgesetzes sind betraut:</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. der Bundesminister für Land- und Forstwirtschaft im Einvernehmen mit dem Bundesminister für wirtschaftliche Angelegenheiten hinsichtlich des § 3 Abs. 2, soweit die im § 3 Abs. 4 genannte Voraussetzung zutrifft,</li><li>2. der Bundesminister für Land- und Forstwirtschaft im Einvernehmen mit dem Bundesminister für Finanzen und, soweit die im § 3 Abs. 4 genannte Voraussetzung zutrifft, auch im Einvernehmen mit dem Bundesminister für wirtschaftliche Angelegenheiten hinsichtlich des § 3 Abs. 3,</li><li>3. der Bundesminister für wirtschaftliche Angelegenheiten hinsichtlich des § 6 Abs. 1,</li><li>4. der Bundesminister für Land- und Forstwirtschaft im Einvernehmen mit dem Bundesminister für Finanzen hinsichtlich des § 10 Abs. 2,</li><li>6. der Bundesminister für Land- und Forstwirtschaft hinsichtlich der übrigen Bestimmungen.</li></ol>	<p><u>Anmerkung:</u> Die WRG-Novelle enthält eine angepasste Vollziehungsklausel.</p>

<p>§ 12. Dieses Bundesgesetz tritt mit 1. Oktober 1997 in Kraft.</p>	<p><u>Anmerkung:</u> Das Hydrographiegesetz BGBl. Nr. 58/1979, zuletzt geändert durch das BGBl. I Nr. 156/1999, tritt spätestens mit 22.12.2006 außer Kraft. <b>Solange nicht eine teilweise oder komplette Außerkraftsetzung des Hydrographiegesetzes im BGBl. veröffentlicht ist, gilt das gegenwärtige Hydrographiegesetz weiter.</b> Zu diesem könnten bis zur Außerkraftsetzung auch Hydrographieverordnungen erlassen werden. Zweckmäßigerweise sollte, um eine Anwendbarkeit des neuen Systems zu gewährleisten, die zukünftigen Arbeiten auf Basis der neuen Rechtsgrundlagen vorgenommen werden. (Das „alte“ Hydrographiegesetz würde dadurch in der Praxis nicht mehr vollzogen und mit 22.12.2006 ex lege außer Kraft treten. Zu Beschwerden gegen eine solche Vorgangsweise wären weder Gebietskörperschaften noch Private legitimiert.)</p> <p>Auch wäre eine teilweise Vollziehung nach „altem“ Hydrographiegesetz und „neuem“ Wasserrechtsgesetz denkbar. Schließlich könnte – wenn auch wenig realistisch – bei rascher vollständiger Umsetzung des neuen Systems auch der Außerkrafttretenszeitpunkt des Hydrographiegesetzes durch eine abermalige Novellierung des WRG vorverlegt werden.</p>
--	--

Überblick

<b>HG i.d.g.F</b>	<b>Schlagwörter HG</b>	<b>WRG – Novelle 2003</b>
§1 (1)	Die Erhebung des Wasserkreislaufes hat sich ....	§59c (2) (3); Wasserkreislaufferhebungsverordnung (WKEV)
§1 (2)	Wassergüte	
§2 (1)	Flussgebiete	WKEV
§2 (2)	Abgrenzung Flussgebiete → Anlage A	WKEV
§3 (1)	Basisnetz; wo und wie wird gemessen?	§59c (3) 1
§3 (2)	Hinweis Verordnung (VO)	§59c (3) 2
§3 (3)	Sonderverordnung	§59c (3) 4
§3 (4)	VO betreffend Wasserstraßendirektion (WSD) → Einvernehmen BMVIT	
§3 (5)	VO dem Landeshauptmann (LH) zur Kenntnis zu bringen;	WKEV
§3a (1) (2)	Wassergüte	
§4 (1)	LH hat Messungen zu veranlassen	§59i (1)
§4 (2)	LH Verpflichtung Datenverarbeitung	§59i (1)
§4 (3)	LH Verpflichtung: Daten an BMLFUW zu liefern	§59i (1)
§4 (4)	Hinweis UIG	alle WRG – Daten sind Umweltdaten
§4a (1)	Arbeitsprogramme (AP) Wasserkreislauf	§59i (1)a und §59i (2)d; WKEV
§4a (2)	Wassergüte	
§4a (3)	AP werden vom BMLFUW verordnet	§59i (3)
§5 (1)	Alle Personen (private) die beobachten, haben die Pflicht Daten zu melden.	§59i (3)
§5 (2)	Auswertung muss möglich sein	§59i (3)
§5a	reichen die nach §5 (1) gemeldeten Daten nicht aus, besteht Bescheidmöglichkeit	
§6 (1)	Verpflichtung WSD Daten zu liefern	§59i (4)
§6 (2)	Wassergüte	
§6 (3)	Wassergüte - UBA	
§7 (1)	Verbreitung hydrographischer Nachrichten durch LH	§59i (1)b
§7 (2)	Aus §7 (1) erwächst niemandem ein Recht	§59i (1)b
§8 (1)	Daten sind vom BMLFUW zu verarbeiten,	§55k (2)
§8 (2)	und zu veröffentlichen	§55k (2)
§8 (3)	Wassergüte	
§9 (1)	Duldung Grundeigentümer	§72 (1)g
§9 (2)	Wasserrechtsbehörde bestimmt das Ausmaß	§ 72 Abs.1 letzter Satz und Abs.2
§9 (3)	Ersatzansprüche	§ 72 Abs.1 letzter Satz und Abs.2
§10 (1)	Finanzierung- vom Bund zu tragen	§143b (1),
§10 (2)	angemessener Aufwand	§143b (2),
§10 (3)	Instandhaltung und Betrieb -> Land	§143b (3),
§10a (1)	Strafbestimmung	Entfällt
§10a (2)	Strafbestimmung	Entfällt
§11	Vollziehung	WRG – Novelle enthält Vollziehungsklausel
§12	in Kraft treten	Spätestens 22.12.2006



# Hydrologischer Atlas Österreichs

Die Initiative, einen Hydrologischen Atlas für Österreich zu erstellen, ging von der Österreichischen Gesellschaft für Hydrologie (ÖGH) anlässlich ihrer Gründung im Jahr 1994 aus. Das Institut für Wasserwirtschaft, Hydrologie und konstruktiven Wasserbau (IWHW) der Universität für Bodenkultur in Wien erhielt nach einer Reihe von vorbereitenden Gesprächen im Jahre 1997 vom Hydrographischen Zentralbüro im Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft den Auftrag, eine Machbarkeitsstudie durchzuführen. 1998 wurde der Auftrag erteilt, Prototypen sowohl in einer klassischen, gedruckten Ausführung als auch als digitale, GIS-basierte Version zu entwickeln. Auf dieser Grundlage wurde im Sommer 2000 mit der Realisierung des HAÖ begonnen.

Die inhaltliche Gliederung unterscheidet die Komponenten des Wasserkreislaufes sowie Kapitel über Wasser- und Stoffhaushalt, Wasserwirtschaft und Wasser und Umwelt (Abbildung 1). Diese Kapitel bilden die oberste Ebene einer 2-stufigen dezimalen Gliederung. Die derzeit vorliegenden Karten in den vorgesehenen 10 Kapiteln sind

## **1. Grundlagen**

- 1.1 Topographische Übersichtskarte
- 1.2 Fließgewässer und Seen
- 1.5 Bodenbedeckung
- 1.6 Jahresmittel der Lufttemperatur

## **2. Niederschlag**

- 2.1 Niederschlagsmessstellen
- 2.2 Mittlere Jahresniederschlagshöhe (Modellrechnung mit unkorrigierten Daten)
- 2.5 Konvektive Starkniederschläge (Niederschlag in 15 min)
- 2.6 Konvektive Starkniederschläge (Niederschlag in 60 min)
- 2.7 Konvektive Starkniederschläge (Niederschlag in 180 min)
- 2.8 Extreme beobachtete Tagesniederschläge
- 2.9 Dauer von Trockenperioden

## **3. Verdunstung**

- 3.2 Mittlere potentielle Jahresverdunstung

## **4. Schnee und Gletscher**

- 4.2 Schneehöhen und Schneebedeckung

## **5. Fließgewässer und Seen**

- 5.1 Wasserstands- und Abflussmessstellen
- 5.2 Gewässernetzdichte
- 5.3 Saisonalität von Niederschlag und Abfluss
- 5.4 Normierte mittlere Hochwasserspende

## **6. Grundwasser**

- 6.1 Messstellen Unterirdisches Wasser, Grundwasserstand und Quellen
- 6.2 Hydrogeologie
- 6.3 Grundwasserstände
- 6.4 Mittlerer Flurabstand des Grundwasserspiegels
- 6.5 Mittlere jährliche Schwankung des Grundwasserspiegels

## **7. Wasserhaushalt<sup>\*)</sup>**

## **8. Stoffhaushalt**

- 8.1 Gewässergütemessstellen
- 8.2 Biologische Gewässergüte der Fließgewässer

## **9. Wasserwirtschaft<sup>\*)</sup>**

## **10. Wasser und Umwelt<sup>\*)</sup>**

<sup>\*)</sup> 2. Lieferung

Die Leitfarben in Abbildung 1 finden sich in der gedruckten und GIS-basierten Ausgabe durchgängig. Kartensammlung und CD-ROM sind nur gemeinsam erwerbbar.

<b>Grundlagen</b>	<b>1</b>
<b>Niederschlag</b>	<b>2</b>
<b>Verdunstung</b>	<b>3</b>
<b>Schnee und Gletscher</b>	<b>4</b>
<b>Fließgewässer und Seen</b>	<b>5</b>
<b>Grundwasser</b>	<b>6</b>
<b>Wasserhaushalt</b>	<b>7</b>
<b>Stoffhaushalt</b>	<b>8</b>
<b>Wasserwirtschaft</b>	<b>9</b>
<b>Wasser und Umwelt</b>	<b>10</b>

Abbildung 1: Gliederung des Hydrologischen Atlases in 10 Kapitel

Die genauen Kontaktadressen sind:

**Herausgeber:**

Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien

**Projekträger:**

Abteilung Wasserhaushalt (Hydrographisches Zentralbüro)

A-1030 Wien, Marxergasse 2, email: [wasserhaushalt@bmlfuw.gv.at](mailto:wasserhaushalt@bmlfuw.gv.at)

**Projektleitung:**

Institut für Wasserwirtschaft, Hydrologie und konstruktiver Wasserbau, Universität für

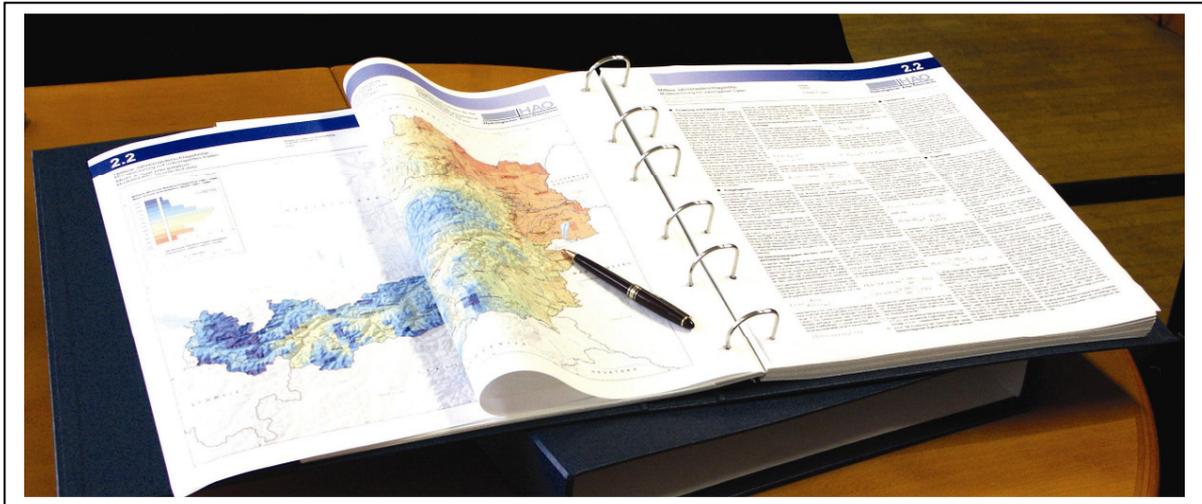
Bodenkultur, A-1190 Wien, Nußdorfer Lände 11, email: [fuerst@edv2.boku.ac.at](mailto: fuerst@edv2.boku.ac.at)

**Vertrieb:**

Österreichischer Kunst- und Kulturverlag, A-1040 Wien, Freundgasse 11, email:

[office@kunstundkulturverlag.at](mailto:office@kunstundkulturverlag.at)

Preis: 250,- Euro



## Gemeinsame Elemente der Karten

Thematische Karten stellen ein "Thema" vorrangig dar. Die Kartenfelder sind grundsätzlich als Rahmenkarten mit einem rechteckigen Ausschnitt gestaltet. Das jeweilige Thema wird allerdings als "Inselkarte" nur innerhalb der Grenzen Österreichs dargestellt. Außerhalb Österreichs dienen das Gewässernetz, die Schummerung, die Staatsgrenzen, wichtige Orte und die Bezeichnung der Nachbarstaaten zur räumlichen Orientierung und zur graphischen Füllung des Kartenblattes. Graphisch sind diese Elemente durch Darstellung mit einer geringeren Farbintensität etwas zurückgenommen.

Um dem Betrachter die geographische Zuordnung der dargestellten Information zu ermöglichen und die Orientierung zu erleichtern, braucht eine thematische Karte zusätzliche Informationsebenen als Grundlage. Für die beiden Darstellungsmaßstäbe des HAÖ wurde folgender Kartengrund ausgearbeitet:

- Alle Karten werden in der Lambert'schen konformen Schnittkegelprojektion der ÜKÖ 500 dargestellt.
- Staats- und Landesgrenzen werden in schwarzer Liniensignatur auf alle Karten gedruckt.
- Wichtige Orte: unterschiedliche Auswahl je nach Maßstab für 1 : 1 000 000 und 1 : 2 000 000.
- Gewässernetz: Generalisierter Auszug der Gewässer von der ÜKÖ 500. Im Maßstab 1 : 1 000 000 werden alle Gewässer der ÜKÖ 500 berücksichtigt, im Maßstab 1 : 2 000 000 nur eine aufgrund der „Strahler“-Ordnung (ermittelt aus ÜKÖ 500) und nach kartographischen Kriterien getroffene Auswahl. Die wichtigsten Flüsse und Seen sind beschriftet. Die Linienstärke leitet sich von der "Strahler"-Ordnung des Flusses ab.
- Gradnetz: Es sind die Meridiane und Breitenkreise mit ganzzahliger Gradangabe (östlich von Greenwich) zur Orientierung in grauer Farbe enthalten.
- Schummerung

Die beiden folgenden Kartenausschnitte und Legenden sind Beispiele.

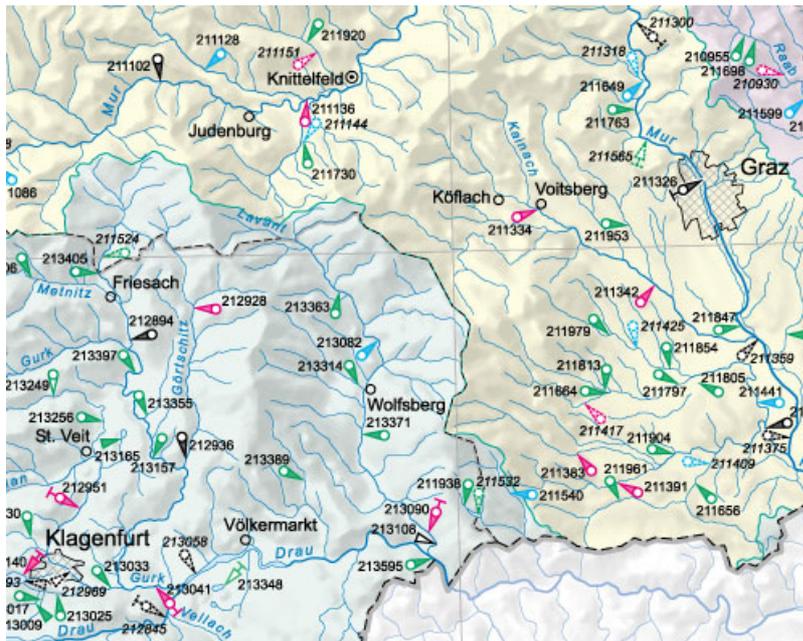


Abbildung 2:  
Kartenausschnitt und  
Legende zur Karte 5.1  
Wasserstands- und  
Abflussmessstellen

**Wasserstands- und Abflussmessstellen**  
**Water level and discharge gauging stations**

Beim Hydrographischen Dienst geführte Messstellen  
*Stations as registered by the Hydrological Service*

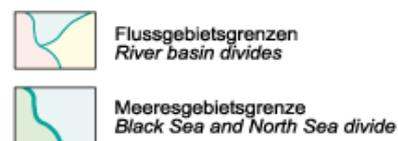


Q ... Abflussangaben  
*Records of discharge*  
T ... Temperaturmessungen  
*Records of temperature*

Flussgebietsgliederung des  
Hydrographischen Dienstes  
*Basins and catchments as defined by the  
Hydrological Service*

**Messstellenbezeichnung**  
**Identification of stations**

- 201301 Messstellennummer des HZB (in Betrieb)  
*Identification code (in operation)*
- 201426 Messstellennummer des HZB (aufgelassen)  
*Identification code (shut down)*



1 : 1 000 000



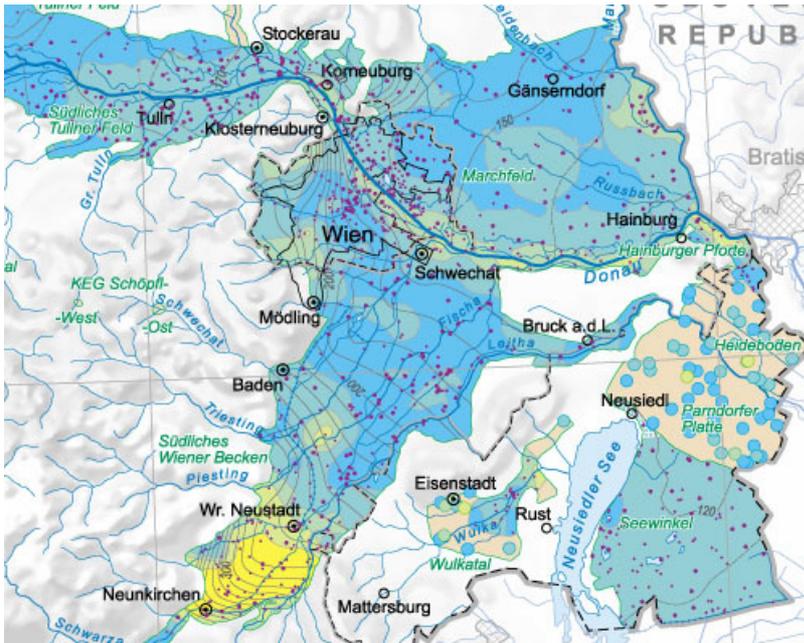
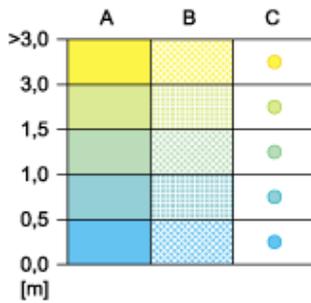


Abbildung 3:  
Kartenausschnitt und  
Legende zur Karte 6.5  
Mittlere jährliche  
Schwankung des  
Grundwasserspiegels

**Mittlere jährliche Schwankung des Grundwasserspiegels**  
**Mean annual fluctuation of the groundwater table**



- A ... Interpolation aus Messwerten  
*Interpolation from observed data*
- B ... Abschätzung des charakteristischen Gebietsmittelwertes  
*Estimation of the typical region's average*
- C ... Mittelwerte einzelner Messstationen  
*Mean values at individual stations*

[Tan box] Keine flächenhafte Abschätzung möglich  
*No regional estimation possible*

**Messstellen - zur Interpolation verwendet**  
**Groundwater stations - used for interpolation**

[Purple dots box] Messstationen mit durchgehenden Beobachtungen von 1961 – 1990  
*Stations with continuous records from 1961 – 1990*

[Pink dots box] Sonstige Messstationen, die in die Interpolation eingegangen sind (Auswahl)  
*Other stations used for interpolation (selection)*

**Mittlerer Grundwasserspiegel ausgewählter Gebiete**  
**Mean groundwater table of selected regions**

[Contour lines box] Isolinien des Grundwasserspiegels [m ü. A.]  
*Contour lines of groundwater table [m above sea level]*

**Porengrundwassergebiete**  
**Porous aquifers**

[Green text] Montafon Gebietsname  
*Name of region*

[Green text] 333 Gebiets-ID, Name siehe Tabelle 3 im Erläuterungstext von Karte 6.1  
*ID of aquifer; for names, see table 3 on text page of map 6.1*

1 : 1 000 000



## Benutzeroberfläche der digitalen Version des HAÖ

Bei der Entwicklung der Benutzeroberfläche wurde großer Wert darauf gelegt, dem Nutzer ein leichtes Navigieren durch den Atlas zu ermöglichen. Es sollte gewährleistet sein, dass der Nutzer stets im Bilde ist, wo er sich räumlich und thematisch im Atlas befindet. Die Möglichkeiten werden an Hand der Niederschlagsmessstellenkarte demonstriert.

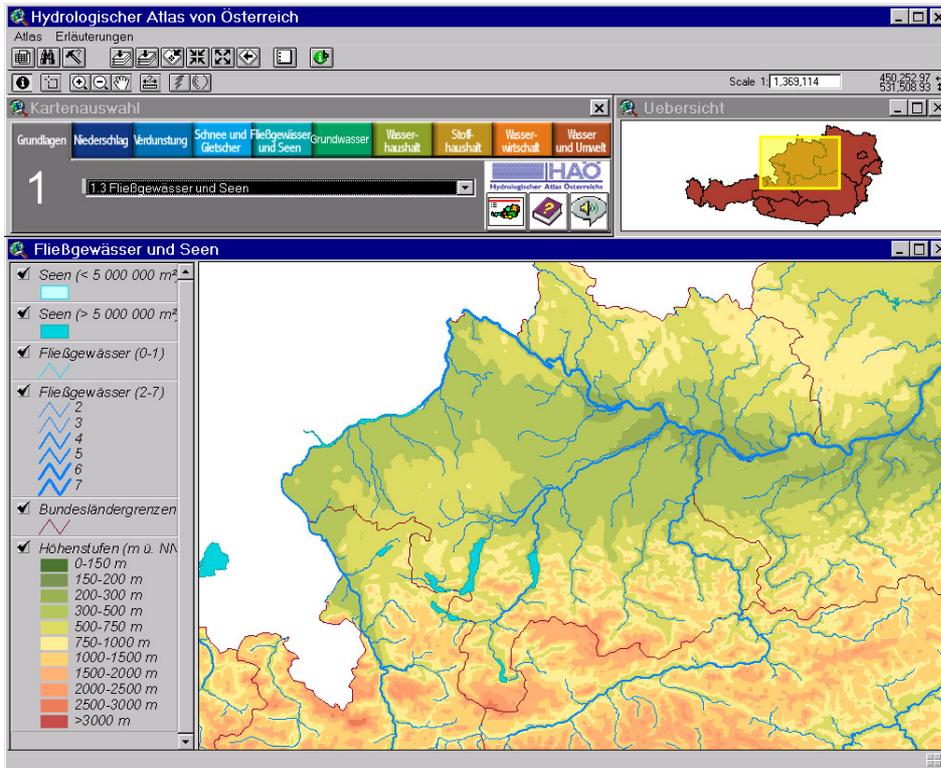


Abbildung 4: Benutzeroberfläche des Prototyps des digitalen HAÖ

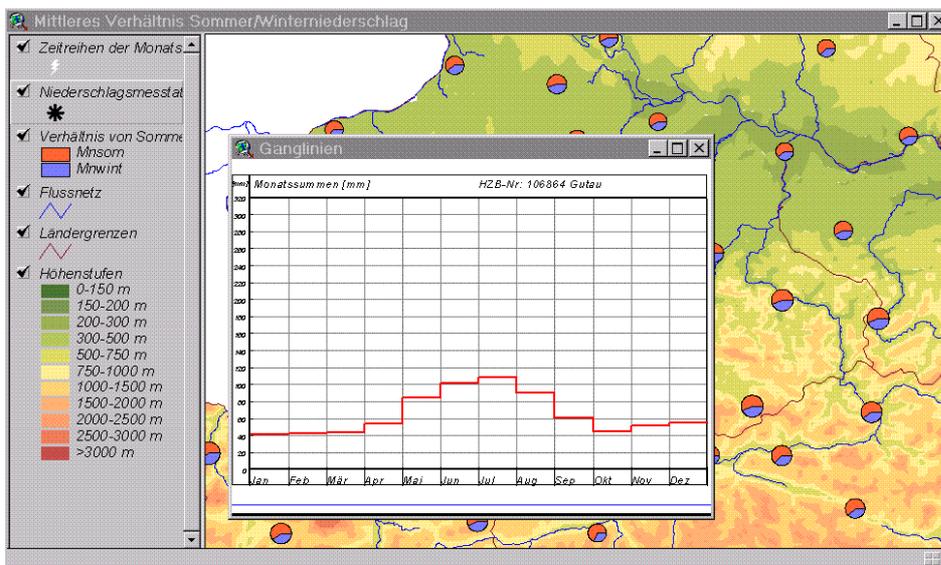


Abbildung 5: Verknüpfung von Messstellen mit tabellarischen Daten und graphische Darstellung

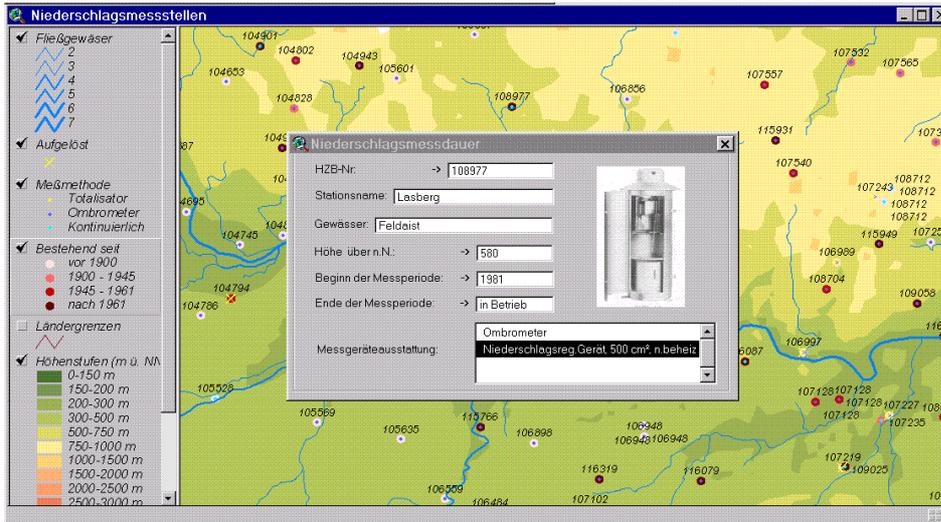


Abbildung 6: Verknüpfung von Karten, Tabellen und Bildern

## Organisation

Auf die Organisation wurde zum Teil bereits in der Einleitung eingegangen.

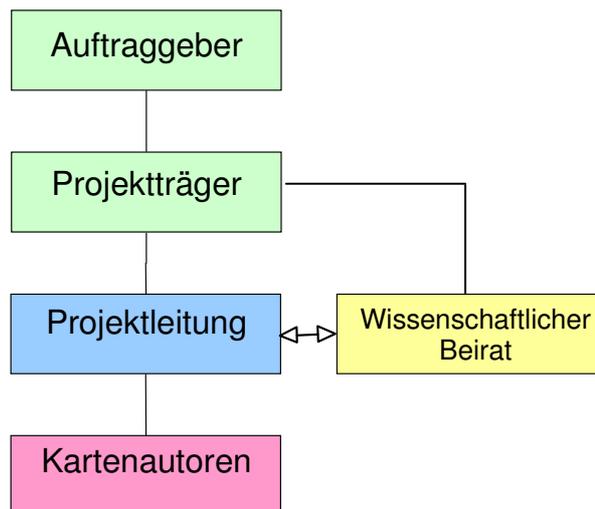


Abbildung 7: Organigramm

Ergänzend werden die Mitglieder des wissenschaftlichen Beirates angeführt:

em.O.Univ.Prof.Dipl.Ing. Dr. Heinz Bergmann (Technische Universität Graz),  
Ao.Univ.Prof.Dr. Hartwig Dobesch (Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik),  
Ass.Prof.Dipl.Ing.Dr.Josef Fürst (Institut für Wasserwirtschaft, Hydrologie und konstruktiven  
Wasserbau, Universität für Bodenkultur), O.Univ.Prof.Dipl.Ing. Dr. Dieter Gutknecht (Institut  
für Hydraulik, Gewässerkunde und Wasserwirtschaft, Technische Universität Wien), OR Dr.  
Walter Kollmann (Geologische Bundesanstalt), Ass.Prof.Mag. Dr. Karel Kriz (Institut für  
Geographie und Regionalforschung, Universität Wien), O. Univ.Prof.Dr. Michael Kuhn  
(Institut für Meteorologie und Geophysik, Universität Innsbruck), O. Univ.Prof.Dipl.Ing. Dr.  
Hans-Peter Nachtnebel (IHW, Universität für Bodenkultur), Ao.Univ.Prof.Dr. Franz Nobilis  
(Abteilung Wasserhaushalt – HZB, BMLFUW), MR Dipl.Ing.Dr. Franz Pramberger (Abteilung

Wasserhaushalt – HZB, BMLFUW), Ao.Univ.Prof.Dr. Georg Skoda (Institut für Meteorologie und Geophysik, Universität Wien) und Ao. Univ.Prof.Dr. Hans Zojer (Institut für Geothermie und Hydrogeologie der FGJ, Graz).

## Zeitplan

Wie die Erfahrungen in den Nachbarländern Schweiz und Deutschland zeigen, ist ein hydrologischer Atlas als langfristiges Projekt zu sehen. Für den HAÖ wurde im Jahr 1998 ein Prototyp erstellt, der die Grundlage für die weitere Detailplanung darstellte. Die erste Lieferung enthält 24 Karten und 31 Erläuterungsblätter in deutscher und englischer Sprache. Eine Weiterführung ist möglich und in Arbeit.

	199 9	200 0	200 1	200 2	200 3	200 4
Pilotprojekt						
Erste Ausgabe						
Zweite Ausgabe						

Abbildung 8: Zeitplan

## Österreichische Gesellschaft für Hydrologie

Die ordentliche Generalversammlung fand am 21.10.2002 statt.

Der Präsident, Univ.Prof. SC Dipl.-Ing. Dr. W. Stalzer, begrüßte die anwesenden Mitglieder und Gäste und eröffnete die Generalversammlung.

Da die Beschlussfähigkeit entsprechend der Vereinsstatuten nicht gegeben war, wurde die Generalversammlung unterbrochen.

In der Unterbrechung hielt Herr Prof. Dr. Chris LEIBUNDGUT (Universität Freiburg) einen Vortrag über „Anwendungen von Tracern in der Hydrologie“.

Nach Feststellung der Beschlussfähigkeit wurde die Generalversammlung fortgesetzt.

A.o. Univ.Prof. Dr. Nobilis gab in seiner Funktion als organisatorisch-wissenschaftlicher Vorstandsbeirat einen Rechenschaftsbericht über die Veranstaltungen und über sonstige Aktivitäten im vergangenen Vereinsjahr.

Der Kassier legte den Rechnungsabschluss für den Berichtszeitraum vom 1. Jänner bis 31. Dezember 2001 vor.

Zum Zeitpunkt der Generalversammlung hatte die Österreichische Gesellschaft für Hydrologie 187 Mitglieder (164 ordentliche, 20 außerordentliche und 3 fördernde Mitglieder).

Der Bericht der Rechnungsprüfer wurde vorgelegt.

Dem Antrag auf Entlastung des Vorstandes wurde - bei Stimmenthaltung der anwesenden Mitglieder des Vorstandes - einstimmig zugestimmt. Der Präsident dankte für das in der vergangenen Funktionsperiode entgegengebrachte Vertrauen.

Nach dem Rücktritt des Vorstandes dankte SC Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr. Stalzer den bisherigen Vorstandsmitgliedern für ihre ehrenamtliche und engagierte Mitarbeit und präsentierte den Wahlvorschlag für den Vorstand für die Funktionsperiode 2002-2005. Da kein Alternativvorschlag eingebracht und keine Abänderungen vorgeschlagen wurden, wurde die Abstimmung per Akklamation durchgeführt. Die Wahl wurde angenommen.

### **Der neu gewählte Vorstand setzt sich aus folgenden Mitgliedern zusammen:**

Präsident: Sektionschef Ao. Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr. Wolfgang STALZER

Vizepräsident: O.Univ.Prof.Dipl.-Ing.Dr. Dieter GUTKNECHT

Schriftführer: Dipl.Ing.Dr. Otto PIRKER

Schriftführerstellvertreter: Dipl.-Ing. Hans WIESENEGGER

Kassier: MR Ao.Univ.Prof.Dr.Franz NOBILIS

Kassierstellvertreter: MR Dipl.Ing. Reinhold GODINA

organisatorisch-wissenschaftlicher Beirat: Ao.Univ.Prof.Dipl.-Ing.Dr. Günter BLÖSCHL

wissenschaftlicher Beirat: Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr. Harald KAINZ

wissenschaftlicher Beirat: O.Univ.Prof.Dipl.-Ing. Dr. Hans-Peter NACHTNEBEL

wissenschaftlicher Beirat: Univ.Prof.Dipl.-Ing. Dr. Peter RUTSCHMANN

wissenschaftlicher Beirat: tit. Ao.Univ.Prof.Dr. Georg SKODA

### **Zu Rechnungsprüfern wurden bestellt:**

Hofrat Dipl.Ing. Christian LABUT

Hofrat Dipl.Ing. Gerald LINDNER

Der Präsident ersuchte den neuen organisatorisch-wissenschaftlichen Vorstandsbeirat über die geplanten Aktivitäten im nächsten Vereinsjahr zu berichten, wobei Daten und Inhalte für den Bericht in diesem Mitteilungsblatt aktualisiert wurden:

27. Jänner Computational fluid dynamics – Lösungsansätze für hydrologische Fragestellungen (Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr. P. Rutschmann, Universität Innsbruck)
10. März Präsentation Hydrologischer Atlas von Österreich, BMLFUW gemeinsam mit ÖGH
12. Juni Probleme des Grundwasserschutzes im Spannungsfeld zwischen Wissenschaft und Vollzug (Prof. Dr. Stefan Peiffer, RWTH, Aachen)
- September Leitfaden zur Ermittlung des Bemessungshochwassers für Talsperren (O.Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr. D. Gutknecht, TU Wien)
13. November Generalversammlung mit einem Vortrag "Wasserwirtschaft und Grundwassermodellierung heute" (Prof. Dr. Wolfgang Kinzelbach, ETH, Zürich)

Diskutiert wurde über eine Technische Exkursion "Wasserhaushalt und Gewässergüte der Kleinen Schüttinsel (Szigetköz)" im Raum Győr (Veranstaltung gemeinsam mit der Ungarischen Hydrologischen Gesellschaft). Diese wird im Mai 2004 stattfinden.

Außerdem wurde eine Veranstaltung zur wissenschaftlichen Aufarbeitung des Augusthochwassers 2002 angeregt.

Auf die homepage der Gesellschaft – <http://iwhw.boku.ac.at/oegh> – sei hingewiesen.

## **Sektionschef Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr. Wolfgang Stalzer - 60 Jahre**

Am 27. Dezember 2003 feiert Sektionschef Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr. Wolfgang Stalzer diesen runden Geburtstag. Mit ihm feiern Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen, viele Bekannte und Freunde im In- und Ausland. Seine Karriere startete nach einem erfolgreichen Studium an der Universität für Bodenkultur, Fachrichtung Kulturtechnik und Wasserwirtschaft mit einer Tätigkeit als Universitätsassistent von o.Prof.Dr.Ing.Dr.h.c.mult. Wilhelm von der Emde am Institut für Wasserversorgung, Abwasserreinigung und Gewässerschutz an der TU Wien. 1972 erfolgte die Promotion zum Doktor der Bodenkultur und 1981 seine Habilitation an der Universität für Bodenkultur mit der Habilitationsschrift "Gewässerschutzplanung, Umsetzung und Zielkontrolle im Einzugsgebiet des Neusiedlersees". Mit der Habilitation war die Erteilung der Lehrbefugnis für das Gebiet der Siedlungswasserwirtschaft mit besonderer Berücksichtigung der Abwasserreinigung und des Gewässerschutzes verbunden. Als geborener Wiener war er erstaunlicherweise höchst erfolgreich beim Amt der Burgenländischen Landesregierung, wo er als Leiter der Wasserbauabteilung neue Maßstäbe im Gewässerschutz setzte. 1989 wurde er von dort abgeworben und zum Leiter der Gruppe Wasserbau der damaligen Sektion IV im Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft bestellt. 1992 wurde er zum Leiter der heutigen Sektion VII "Wasser" im Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft bestellt. Dass der Begriff Wasserwirtschaft im Titel des Ministeriums aufscheint, ist zweifellos im hohen Maße seiner unermüdlichen Tätigkeit für diesen Bereich zuzuschreiben. 1987 bis 1993 war er Vorsitzender der Fachgruppe Abwassertechnik und Gewässerschutz im Österreichischen Abwasser- und Abfallwirtschaftsverband, 1992 bis 1996 Mitglied des Vorstandes und seit 1996 ist er Präsidialmitglied im ÖWAV. Seine Tätigkeiten als Vizepräsident der Internationalen Forschungsgesellschaft INTERPRAEVENT, als Vorsitzender der Staubeckenkommission im BMLFUW, als Vizepräsident des Österreichischen Nationalkomitees für Talsperren, als Mitglied des Nationalparkbeirates beim BMU bzw. BMLFUW und als Präsident der Österreichischen Gesellschaft für Hydrologie zeigen die breite Palette, die noch durch eine Reihe weiterer im Rahmen der Aufgaben als Leiter der Sektion zu ergänzen wären. Die Aufgabenbereiche im Rahmen der staatlichen Wasserwirtschaft, die den hoheitlichen Bereich und den privatwirtschaftlichen Bereich – Schutzwasserwirtschaft betreffen, sind riesig. Die Sektion auf die neuen Aufgaben im Rahmen der Europäischen Union vorzubereiten und die österreichische Wasserwirtschaft im internationalen Sinn wettbewerbsfähig zu machen, war ihm immer ein besonderes Anliegen. Über 100 Veröffentlichungen in nationalen und internationalen Fachzeitschriften zeigen seine große Außenwirksamkeit, die er auch in Vorträgen in der ganzen Welt zum Wohle des Landes nützen konnte. Seine wissenschaftlichen Arbeiten, seine Vorlesungen und seine Anstrengungen für den universitären Bereich wurde durch die Technische

Universität Wien mit der Verleihung der Würde eines Ehrensensors ausgezeichnet. Diese Auszeichnung sei stellvertretend für die vielen Ehrungen und Verleihungen von Ehrenzeichen verschiedener Bundesländer, Institutionen in Österreich und des Auslandes genannt.

Möge ihm seine Schaffenskraft und Energie in unser aller Interesse erhalten bleiben.

Ad multos annos !

MR Univ.Prof. Dr. Franz Nobilis

## **P E R S O N A L I A der Hydrographischen Dienststellen**

### **Abteilung VII/3 - Wasserhaushalt ( Hydrographisches Zentralbüro )**

Reg.Rat ADir. Kurt Schmidmayer trat mit 1.10.2002 in den wohlverdienten Ruhestand. Das Referat Wasserhaushalt – Atmosphärischer Bereich wird seine korrekte aber humorvolle Art vermissen.

MR Dipl.-Ing. Dr. Franz Pramberger trat mit 1.1.2003 in den Vorruhestand. Das erfolgreiche Wirken des stellvertretenden Abteilungsleiters, früheren Leiters des Referates Grundwasser bzw. in der Folge Zentrale Angelegenheiten, ist allen Kolleginnen und Kollegen in bester Erinnerung.

MR Dr. Gerhard Völkl trat mit 1.5.2003 aus gesundheitlichen Gründen in den Ruhestand. Er wird hoffentlich auch jetzt noch seine karsthydrologischen Spezialkenntnisse der Abteilung bei schwierigen Anfragen zur Verfügung stellen und dies in seiner bekannt hintergründig-humorigen Art.

Allen drei Kollegen wünschen wir Gesundheit und Erfüllung in der vor ihnen liegenden Zeit.

Gerald Lutz konnte am 1.10.2002 den Dienst in der ho. Abteilung antreten und wurde dem Referat Wasserhaushalt – Oberflächenwasser und Feststoffe in alpinen Gebieten zugeteilt.

Mit 1. September 2003 wurde Frau Dipl.-Ing. Jutta Eybl aus der Teilzeitbeschäftigung als Karenzersatz in den Personalstand der Abteilung übernommen.

Damit sind nach vielen Abgängen endlich wieder neue Personalkräfte zugeführt worden. Dies darf allerdings nicht darüber hinwegtäuschen, dass die ho. Abteilung von 1994 bis Ende d.J. 2003 eine Verringerung des Personalstandes von 33 % hatte. Die Probleme bei immer größer werdenden Aufgabenbereich sind trotz technischer Unterstützung offenkundig.

**Amt der Kärntner Landesregierung:  
Abteilung 18 – Wasserwirtschaft, Unterabteilung 18 – Hydrographie**

Dipl.-Ing. Christian Kopeinig (Bereich Projekte und Analysen, insbesondere Entwicklung und Betreuung des Hochwasserwarnmodells) sowie Dipl.-Ing. (FH) Mario Jaufer (Bereich UWQ, Sachgebietsleitung) haben ihren Dienst angetreten.

**Amt der Niederösterreichischen Landesregierung:  
Abteilung Hydrologie**

Herr Adolf Kalab wurde am 31. März 2003 in den dauernden Ruhestand versetzt

Herr Markus Pichler steht der Abteilung Hydrologie seit 1. Juni 2002 als Mitarbeiter im Referat „Hydrologie der Oberflächengewässer“ zur Verfügung.

Mit Wirkung vom 1. Mai 2003 wurde Frau Sandra Redl in den NÖ Landesdienst aufgenommen und innerhalb der Gruppenkanzlei der Abteilung Hydrologie zugeteilt.

**Amt der Oberösterreichischen Landesregierung:  
Abteilung Wasserwirtschaft, Unterabteilung Schutzwasserwirtschaft und  
Hydrographie, Hydrographischer Dienst**

Im Dezember 2002 erfolgte die Nachbesetzung der Dienstposten beim Sachgebiet OWF durch die Herren Ing. Christian Geigle und Markus Haider.

**Amt der Salzburger Landesregierung:  
Fachabteilung 6/6 Wasserwirtschaft, Referat 6/64 - Hydrographischer Dienst**

Mit Wirkung vom 31.5.2003 ist TOAR Kurt Löcker (Sachbearbeiter Grundwasser, Hydrographischer ASV und Mitarbeiter im Hochwassernachrichtendienst) nach 39 Dienstjahren beim Hydrographischen Dienst in den wohlverdienten Ruhestand getreten.

**Amt der Tiroler Landesregierung:  
Landesbaudirektion Abteilung VIh Wasserwirtschaft, Sachgebiet Hydrographie**

Robert Wolf ist mit Mitte September 2003 aus dem Dienst geschieden.

AR Franz Fliri verließ im November 2003 den HD.

Seit Juni 2003 ist VB Alois Lang in der hydrometrischen Werkstätte tätig.

**Amt der Vorarlberger Landesregierung:  
Landeswasserbauamt Bregenz – Hydrographischer Dienst**

Mit 1. September 2003 trat Günter Scheier in den Ruhestand. Die Nachfolge hat Herr Hugo Knoll angetreten.

**Magistrat der Stadt Wien - Mag. Abt. 45 – Wasserbau  
Gruppe Wasserwirtschaftliche Planung und Hydrologie**

Herr Kozuh-Schneeberger ist in eine andere Gruppe gewechselt, für ihn kam Ing. Roman Malek aus der Gruppe Altlasten zum HD Wien (Aufgabengebiet Gerätebetreuung und EDV).

**Verzeichnis der staatlichen Hydrographischen Dienststellen**

mit Internet-Adressen für aktuelle Wasserstandsinformationen

Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft,  
Abteilung VII/3 – Wasserhaushalt ( Hydrographisches Zentralbüro ),  
Marxergasse 2, A-1030 Wien,  
Tel.: 01/71100/Kl., Fax: 01/71100/6851  
URL: <http://www.lebensministerium.at/wasser/>

Amt der Niederösterreichischen Landesregierung, Abteilung Hydrologie, Landhausplatz 1, A-3100 St. Pölten,  
Tel.: 02742/9005/Kl., Fax: 02742/9005/3040  
URL: <http://www.noel.gv.at/SERVICE/WA/wa5/htm/wnd.htm>

Amt der Oberösterreichischen Landesregierung, Abteilung Wasserwirtschaft, Unterabteilung Schutzwasserwirtschaft und Hydrographie, Hydrographischer Dienst, Kärntner Straße 12, A-4020 Linz,  
Tel.: 0732/6584/Kl., Fax: 0732/6584/2411  
URL: <http://www.ooe.gv.at/hydro/index.htm>

Amt der Salzburger Landesregierung, Fachabteilung 6/6, Wasserwirtschaft,  
Ref. 6/64 - Hydrographischer Dienst, Postfach 527, A-5010 Salzburg,  
Tel.: 0662/8042/Kl., Fax: 0662/8042/4199  
URL: <http://www.land-sbg.gv.at/wasserwirtschaft/6-64-hydrograph/index.htm>

Amt der Tiroler Landesregierung, Landesbaudirektion, Abteilung VI h – Wasserwirtschaft, Sachgebiet Hydrographie,  
Herrengasse 1/II, A-6010 Innsbruck,  
Tel.: 0512/508/Kl., Fax: 0512/508/4205  
URL: <http://www.tirol.gv.at/wasserstand/hwpegel.html>

Landeswasserbauamt Bregenz, Hydrographischer Dienst,  
Jahnstraße 13-15, A-6900 Bregenz,  
Tel.: 05574/511/Kl., Fax: 05574/511/4309  
URL: <http://www.vorarlberg.at/landeswasserbauamt/>

Amt der Kärntner Landesregierung, Abt. 18 – Wasserwirtschaft Unterabt. 18 Hydrographie  
Völkermarkter Ring 29, A-9021 Klagenfurt,  
Tel.: 0463/536/Kl., Fax: 0463/536/31828  
URL: <http://www.wasser.ktn.gv.at/>

Amt der Steiermärkischen Landesregierung: Abteilung 19, Fachabteilung 19A  
Wasserwirtschaftliche Planung und Hydrographie,  
Postfach 630, Stempfergasse 7, A-8010 Graz,  
Tel.: 0316/877/Kl., Fax: 0316/877/2116  
URL: <http://www.stmk.gv.at/verwaltung/fa3a/ref1.stm>

Amt der Burgenländischen Landesregierung, Abteilung 9 – Wasser – und Abfallwirtschaft,  
Hydrographischer Dienst,  
Landhaus-Neu, Freiheitsplatz 1, A-7000 Eisenstadt,  
Tel.: 02682/600/Kl., Fax: 02682/600/2789

Magistrat der Stadt Wien, MA 45 – Wasserbau, Gruppe Wasserwirtschaftliche Planung und  
Hydrographie  
Wilhelminenstraße 93, A-1160 Wien,  
Tel.: 01/48829/Kl., Fax: 01/48829/997290

Wasserstraßendirektion, Abteilung 5 Wasserwirtschaft, Hydrographischer Dienst, Hetzgasse  
2, A-1030 Wien  
Tel.: 01/7180990/Kl., Fax: 01/7134070  
URL: <http://www.wsd.bmv.gv.at/>

## **HINWEISE der REDAKTION**

Vor Übermittlung von Originalarbeit-Manuskripten ist mit der Redaktion Kontakt aufzunehmen.

Die „formalen Vorgaben“ für die Veröffentlichung im „Mitteilungsblatt des Hydrographischen Dienstes“ werden nach Kontaktaufnahme übermittelt.

Die Redaktion behält sich vor, unverlangt eingesandte Manuskripte anzunehmen oder ohne Angabe von Gründen abzulehnen.

Grundsätzlich dürfen nur Beiträge eingesandt werden, die nicht gleichzeitig an anderer Stelle zur Veröffentlichung eingereicht oder bereits veröffentlicht worden sind. Der Autor verpflichtet sich, seinen im „Mitteilungsblatt des Hydrographischen Dienstes“ veröffentlichten Beitrag auch nachträglich nicht an anderer Stelle zu publizieren.

Für den Inhalt der Beiträge sind die Verfasser allein verantwortlich.