

## Auswirkungen von Extremereignissen auf die Sicherheit der Trinkwasserversorgung in Österreich

Institut für Siedlungswasserbau,  
Industriewasserwirtschaft und  
Gewässerschutz



### **ProjektmitarbeiterInnen und AutorInnen des Berichts:**

**DI Dr. Reinhard Perfler, Institut für Siedlungswasserbau, Industrierwasserwirtschaft und Gewässerschutz (SIG), Universität für Bodenkultur Wien**

**DI Mario Unterwainig, Institut für Siedlungswasserbau, Industrierwasserwirtschaft und Gewässerschutz (SIG), Universität für Bodenkultur Wien**

**Mag. Dr. Herbert Formayer, Institut für Meteorologie (BOKU-Met), Universität für Bodenkultur Wien**

### **Danksagung**

**Unser besonderer Dank gilt allen, die dieses Projekt mitunterstützt haben. Insbesondere den Vertretern der Landesregierungen, den teilnehmenden Wasserversorgern bzw. dem Österreichischen Bundesheer, die durch ihre wertvollen Beiträge einen wichtigen Anteil zu dieser Arbeit geleistet haben.**

### **Wasserversorger:**

- **DI Dr. Wolfgang Zerobin (MA 31)**
- **Ing. Roland Nöbauer (OÖ Wasser)**

### **Vertreter der Landesregierungen:**

- **DI Christian Hammerl (Vbg. Landesregierung),**
- **DI Theodor Steidl (Sbg. Landesregierung),**
- **DI Bernhard Brunn (OÖ Landesregierung),**
- **DI Franz Schiller (OÖ Landesregierung)**
- **DI Günther Kohnheisner (NÖ Landesregierung)**
- **DI Walter Schild (Stmk. Landesregierung)**
- **DI Gerhard Freundl (Ktn. Landesregierung)**
- **DI Herfried Zessar (Ktn. Landesregierung)**

### **Sonstige Vertreter:**

- **Mag. Hptm. Faulk Katharina (Österreichisches Bundesheer)**
- **DI Gerald Krapesch (IWHW)**

Wien, im November 2006

StartClim2005.A4

Teilprojekt von StartClim2005 „Klimawandel und Gesundheit“

Gesamtprojektleitung von StartClim2005:

Universität für Bodenkultur, Department für Wasser – Atmosphäre – Umwelt

Institut für Meteorologie, Peter Jordan-Straße 82, 1190 Wien

URL: <http://www.austroclim.at/startclim/>

StartClim2005 wurde aus Mitteln des BMLFUW und des BMGF gefördert.

## Inhaltsverzeichnis

<b>Kurzfassung</b>	<b>5</b>
<b>Abstract</b>	<b>5</b>
<b>A4-1 Einleitung</b>	<b>7</b>
<b>A4-1.1 Projektbeschreibung</b>	<b>7</b>
<b>A4-1.2 Methodik</b>	<b>7</b>
<b>A4-2 Extremereignisse</b>	<b>8</b>
<b>A4-2.1 Niederschlagsereignisse</b>	<b>10</b>
<i>A4-2.1.1 Starkregen</i>	<i>10</i>
<i>A4-2.1.2 Hochwasser</i>	<i>11</i>
<b>A4-2.2 Dürre</b>	<b>14</b>
<b>A4-3 Auswirkungen auf die Trinkwasserversorgung</b>	<b>17</b>
<b>A4-3.1 Niederschlagsereignisse</b>	<b>17</b>
<i>A4-3.1.1 Besonders betroffene Gebiete in Österreich</i>	<i>17</i>
<i>A4-3.1.2 Schadensereignisse an Technischen Anlagen</i>	<i>24</i>
<i>A4-3.1.3 Qualität des Trinkwassers</i>	<i>27</i>
<b>A4-3.2 Dürre</b>	<b>31</b>
<i>A4-3.2.1 Besonders betroffene Gebiete in Österreich</i>	<i>31</i>
<i>A4-3.2.2 Qualität des Trinkwassers</i>	<i>32</i>
<i>A4-3.2.3 Quantität des Trinkwassers</i>	<i>34</i>
<b>A4-3.3 Anthropogene Eingriffe im unmittelbaren Quelleinzugsbereich</b>	<b>36</b>
<b>A4-3.4 Schadenssummen</b>	<b>37</b>
<i>A4-3.4.1 Hochwasser</i>	<i>37</i>
<i>A4-3.4.2 Dürre</i>	<i>37</i>
<b>A4-4 Maßnahmen zur Verhinderung der Versorgungsunterbrechung</b>	<b>39</b>

<b>A4-4.1</b>	<b>Störfallvorsorge</b>	<b>39</b>
	<i>A4-4.1.1 Organisatorische Maßnahmen</i>	<i>41</i>
	<i>A4-4.1.2 Technische Maßnahmen</i>	<i>42</i>
<b>A4-4.2</b>	<b>Vorsorgemaßnahmen bei drohender Gefahr</b>	<b>43</b>
<b>A4-4.3</b>	<b>Krisen- und Katastrophenmanagement im Ernstfall</b>	<b>43</b>
	<i>A4-4.3.1 Trinkwassernotversorgung</i>	<i>44</i>
	<i>A4-4.3.2 Informationspolitik und Medienarbeit</i>	<i>46</i>
	<i>A4-4.3.3 Zusammenarbeit mit den Krisen- und Katastrophenstäben</i>	<i>47</i>
<b>A4-4.4</b>	<b>Nationale Konzepte</b>	<b>48</b>
	<i>A4-4.4.1 Steiermark</i>	<i>48</i>
	<i>A4-4.4.2 Kärnten</i>	<i>48</i>
	<i>A4-4.4.3 Andere Bundesländer</i>	<i>48</i>
<b>A4-4.5</b>	<b>Internationale Konzepte</b>	<b>49</b>
	<i>A4-4.5.1 Deutschland</i>	<i>49</i>
	<i>A4-4.5.2 Schweiz</i>	<i>49</i>
	<i>A4-4.5.3 Niederlande</i>	<i>50</i>
<b>A4-4.6</b>	<b>Neue Konzepte zur Qualitäts- und Quantitätssicherung</b>	<b>50</b>
<b>A4-5</b>	<b>Zusammenfassung und Schlussfolgerungen</b>	<b>52</b>
<b>A4-5.1</b>	<b>Ausblick und weiterführende Fragestellung</b>	<b>54</b>
	<b>Literaturverzeichnis (unbedingt)</b>	<b>55</b>
	<b>Abbildungs- und Tabellenverzeichnis</b>	<b>57</b>

## Kurzfassung

Meteorologische Extremereignisse – insbesondere Hochwasser und Dürre - haben in den letzten Jahren immer wieder zu Stör- und Notfällen in der Trinkwasserversorgung in Österreich geführt. Bei Niederschlagsereignissen hängen die Art und das Ausmaß der auftretenden Schäden von der Intensität des Niederschlags ab: bei Starkregen vor allem Zerstörung der Infrastruktur, bei Landregen z.B. Überstauung des Gewinnungsgebietes. Ein Beispiel für die Zerstörung der Infrastruktur bei Starkniederschlägen war das Hochwasser in Vorarlberg und Tirol 2005. Typische Schadensbilder für länger andauernde Niederschläge traten beim zweiten Augusthochwasser 2002 in Ober- und Niederösterreich auf.

Bei Trockenheit sind hauptsächlich jene Gewinnungsgebiete betroffen, die eine geringe Überdeckung des Gewinnungsgebiets aufweisen. Um die Versorgung auch bei solchen Extremereignissen gewährleisten zu können, sind Maßnahmen in unterschiedlichen Bereichen erforderlich: in der Störfallvorsorge (organisatorische und technische Maßnahmen), Vorsorgemaßnahmen bei drohender Gefahr und ein Krisen- und Katastrophenmanagement im Ernstfall (Trinkwassernotversorgung, Informationspolitik und Medienarbeit, Zusammenarbeit mit Krisen- und Katastrophenstäben).

Der Vergleich verschiedener Konzepte in Österreich hat gezeigt, dass die Strategien und Maßnahmen der Wasserversorger sehr stark von den Vorgaben und Anreizen der jeweiligen Bundesländer - z.B. finanzielle Förderungsmaßnahmen - beeinflusst werden. Als Resultat waren z.B. die Auswirkungen der Trockenheit 2003 im Land Steiermark, das Maßnahmen zur Verhinderung einer Versorgungsunterbrechung durch Wassermangel finanziell fördert, nicht so gravierend wie in anderen Bundesländern.

Ein neues integrales Konzept zur Sicherung der Wasserqualität ist der Wassersicherheitsplan (WSP), wie er in den Richtlinien der World Health Organisation vorgeschlagen wird. Im Rahmen der Umsetzung des Wassersicherheitsplans bei Wasserversorgungsanlagen kann auch auf die Störfallvorsorge bzw. das notwendige Krisenmanagement eingegangen werden, wodurch eine Versorgungsunterbrechung weitestgehend verhindert werden kann.

Betrachtet man die aktuellen Klimaprognosen, so nimmt die Häufigkeit von meteorologischen Extremereignissen zu. Diese Zukunftsszenarien müssen in die Planungsgrundsätze integriert werden, damit die Wasserversorger für solche Ereignisse besser gewappnet sind. Die Wasserversorgungssysteme sind verstärkt auf ihre Vulnerabilität hin zu überprüfen, was unter anderem die Forderung nach einer größeren Diversität bei den zur Nutzung herangezogenen Wasserressourcen mit einschließt.

## Abstract

In recent years meteorological extreme events – especially floods and droughts have caused emergency and disaster situations for drinking water supply in Austria. The occurring damages during rainfall events are depending on the intensity of rainfall (storm water events, destruction of infrastructure; steady rain, flooding of the intake area). One example of the destruction of infrastructure during heavy rainfalls was the high water 2005 in Tyrol and Vorarlberg. The second August flood of the year 2002 in Upper- and Lower Austria can be mentioned as example of the damage symptoms caused by steady rainfalls. During droughts the intake areas are mainly affected, especially intake areas with a low coverage of soil. To assure the water supply during extreme events, several different arrangements should be done. These arrangements are in turn: disaster preparedness (organisational and technical arrangements), provisions at imminence, and a crises- and catastrophe management in case of emergency (drinking water emergency supply, information policy and cooperation with the media, collaboration with crises- and catastrophe management groups).

The comparison from different national concepts has shown that these concepts of the water suppliers strongly depend on the stimulation by the federal states (e.g. financial stimulations). As a consequence of strategies and subsidies developed by the federal state of Styria the impacts of the drought 2003 in Styria were not as serious as in other federal states.

A new integral concept to assure the water quality and quantity is the Water Safety Plan (WSP) of the WHO. During the implementation of the water safety plan also the breakdown provision and/or the necessary crisis management may be discussed and partly implemented (at least) to exclude a supply interruption.

According to the actual climate forecasting, the frequency of extreme events will increase. Integral planning procedures must take into account this future development to assure the “well preparedness” of water suppliers. Furthermore the water suppliers should focus on a greater diversity in the water resources used for supply in order to reduce their vulnerability against extreme events.

## **A4-1 Einleitung**

### **A4-1.1 Projektbeschreibung**

Wasser, das Lebensmittel Nummer Eins, insbesondere die ausreichende Verfügbarkeit und die mikrobiologische Sicherheit, ist in Krisensituationen von entscheidender Wichtigkeit. In den letzten Jahren sind vermehrt Extremereignisse wie Hochwasser und Dürre aufgetreten. Als Beispiele seien hier genannt die Hochwässer in den Jahren 1991, 1997, 1999, 2002, 2003 bzw. 2005, bzw. die Trockenperioden aus den Jahren 1971, 1983, 1992, 1993 und dem Jahr 2003. Diese Ereignisse haben auch in der Wasserversorgung ihre Spuren hinterlassen, und werden im Rahmen des Projekts StartClim2005 „Auswirkungen von Extremereignissen auf die Sicherheit der Trinkwasserversorgung in Österreich“ analysiert. Der Schwerpunkt liegt dabei auf den Ereignissen Hochwasser und Dürre, da diese bei den Wasserversorgern die größten Probleme hervorrufen.

Eine weitere Frage, die sich im Rahmen dieses Projektes stellt, ist, welche Strategien und Maßnahmen die Wasserversorger entwickeln können, um auf die Klimaänderung - z.B. Zunahme der Häufigkeiten von Extremereignissen, Niederschlagszunahmen im Winter, Häufung von Hitzetagen im Sommer - zu reagieren

### **A4-1.2 Methodik**

Die meteorologischen Extremereignisse der letzten Jahre werden im Hinblick auf ihre Auswirkungen auf die Wasserversorgung analysiert. Der Schwerpunkt der Analyse umfasst die Aspekte „Dürre“ und „Hochwasser“, die erfahrungsgemäß die höchsten Schäden für die Wasserversorgung verursachen. Die Schadensanalyse erfolgt dabei von der Gewinnung bis zum Endverbraucher. Auf Basis der Auswertung und Kategorisierung von typischen Schäden werden Strategien (organisatorische bzw. technische) aufgezeigt, um die Versorgung so weit wie möglich aufrechterhalten zu können.

In einem weiteren Schritt sollen die verschiedenen Grundwasserkörper (Poren- Kluft- Karstgrundwasserkörper) auf ihre Vulnerabilität bei Trockenheit hin untersucht werden, und besonders betroffene Regionen ausgewiesen werden.

Bei einem Workshop mit den Vertretern von Landesverwaltungen (Bereich Wasserversorgung), Wasserversorgern bzw. des Österreichischen Bundesheers in Linz werden die Erfahrungen aus Sicht der jeweiligen Verantwortungsbereiche dargestellt und ein Informationsaustausch innerhalb der Teilnehmer in Gang gesetzt.

Ein speziell untersuchter Aspekt ist, welche Strategien des Krisen- und Katastrophenmanagements die Wasserversorger zur Bewältigung von solchen Extremereignissen haben, bzw. welche Maßnahmen zu einer wesentlichen Risikominimierung führen.

## A4-2 Extremereignisse

Der Begriff „Extremereignisse“ ist, vor allem durch die Häufung der Ereignisse und deren mediale „Verwertung“, in den letzten Jahren allgemein bekannt geworden und kann als Teil des Alltagssprachgebrauches gesehen werden. Wie kann man diesen – teilweise inflationär verwendeten Begriff – genauer beschreiben?

- Extremereignisse sind seltene Ereignisse, die stark von einem statistischen Mittelwert abweichen. Sie sind nicht unbedingt mit Schäden verbunden. (OcCC 2003, S.14)
- Im Allgemeinen wird ein Wetterereignis dann als extrem bezeichnet, wenn die Werte des betreffenden Klimaelementes (Niederschlag, Temperatur) jeweils zumindest so groß wie das 90 Perzentil bzw. so klein wie das 10 Perzentil sind.
- Eine sinnvolle Unterscheidung von Extremereignissen hängt von der Art und Häufigkeit bzw. dem gewählten räumlichen Maßstab ab. In Österreich sind spürbare Erdbeben seltener als Hochwasser. Ein Erdbeben, das durchschnittlich alle 300 Jahre vorkommt, ist kein Extremereignis. Es richtet auch keine großen Schäden an. Ein 300-jährliches Hochwasser ist hingegen ein Extremereignis. Sofern es sich in ungenügend geschütztem Gebiet ereignet, kann es große Schäden anrichten.
- Ein Ereignis, das lokal als extrem eingestuft werden muss, kann überregional in den statistischen Normalbereich fallen (vgl. OcCC 2003, S. 14).

Für Österreich gibt es noch keine exakten Abschätzungen, wie sich eine Klimaänderung auf solche Extremereignisse auswirken wird. Auf europäischer Ebene wurde jedoch im ACACIA-Projekt (A Concerted Action Towards a Comprehensive Climate Impacts and Adaptations Assessment for the European Union) versucht, auch die Entwicklung der Extremereignisse abzuschätzen. Die Studie kommt zu folgenden für Österreich relevanten Schlüssen (Formayer 2001,S.35-36):

- Hitzewellen werden in Zukunft häufiger
- Dürreperioden werden in Süd- und Zentraleuropa im Sommer zunehmen
- Starkniederschläge werden generell, aber speziell im Winter zunehmen
- Die Sturmhäufigkeit nimmt möglicherweise zu

Diese Schlüsse bedeuten für Österreich aufgrund seiner geo- und topografischen Lage eine wahrscheinliche Zunahme folgender Extremereignisse (Formayer 2001,S.8-9).

- Stürme
- Starkniederschläge
- Hagel
- Trockenheit (hauptsächlich das östliche Flachland)

Weil nicht alle in Österreich vorkommenden Extremereignisse negative Auswirkungen auf die Trinkwasserversorgung haben, konzentriert sich diese Studie ausschließlich auf folgende Ereignisse.

- Starkniederschläge (Hochwasser)
- Dürre (Trockenheit)

In der jüngsten Vergangenheit gab es in Österreich eine Vielzahl von solchen Extremereignissen, z.B. 1991, 1997, 1999, 2002, 2003, 2005.

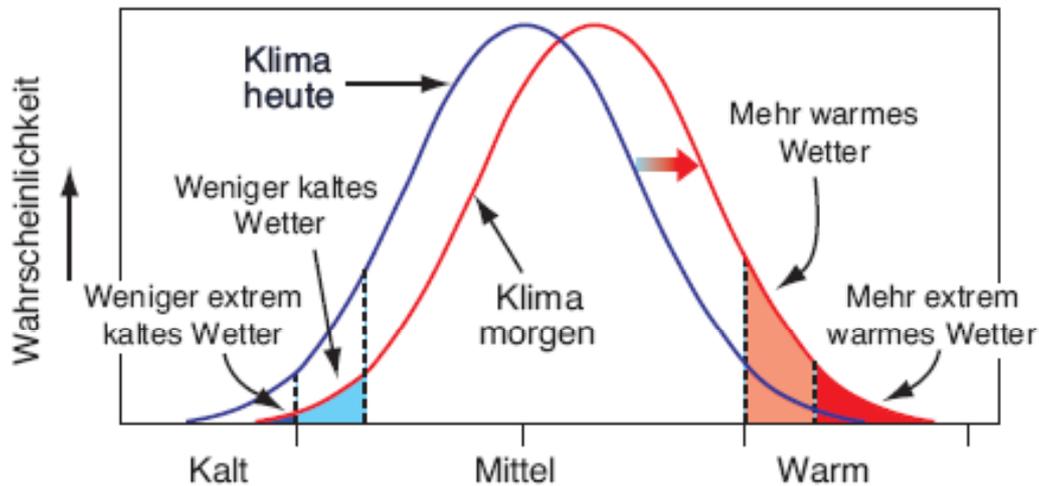
- Juli - August 1991 Hochwasser

Betroffene Gebiete: Donaugemeinden unterhalb von Linz; Schadenssumme 72,7 Mio. €

- Juli 1997 Hochwasser

- Betroffene Gebiete: Niederösterreich (Z.B. Bezirke Mödling, Baden, Wien Umgebung, Tulln)
- Mai 1999 „Jahrhunderthochwasser“  
Betroffene Gebiete: Tirol und Vorarlberg; Schadenssumme in Vorarlberg 105 Mio. €
  - Juli – August 2002 Hochwasser  
Betroffene Gebiete: Niederösterreich, Oberösterreich; Schadenssumme 3,2 Mrd. €
  - 2003 Dürre und Trockenheit
  - Juli – August 2005 Hochwasser  
Betroffene Gebiete: Vorarlberg, Tirol, Salzburg
  - April 2006 Marchhochwasser

Die Wahrscheinlichkeit und die räumliche Verteilung von Extremereignissen werden sich mit der Klimaänderung graduell verschieben. Ein Beispiel für einen Parameter (Temperatur) ist in Abbildung Abb. A4-1: ersichtlich.



**Abb. A4-1:** Möglicher Einfluss der Klimaänderung auf die Häufigkeit von Extremereignissen am Beispiel von Temperaturextremen (IPPC, 2001)

Das Ausmaß und der Charakter der Veränderungen wird je nach Ort und Art der Extremereignisse verschieden sein. Eine quantitative Abschätzung dieser Entwicklung ist noch nicht möglich (OcCC 2003, S.7).

Zusammenfassung: Extremereignisse sind seltene Ereignisse, die stark vom Mittelwert abweichen. Österreich ist aufgrund seiner geo- und topografischen Lage hauptsächlich von Stürmen, Starkniederschläge, Hagel und Trockenheit betroffen. Eine negative Auswirkung auf die Trinkwasserversorgung haben hauptsächlich Trockenheit, Starkniederschläge und länger anhaltende Niederschläge.

## A4-2.1 Niederschlagsereignisse

### A4-2.1.1 Starkregen

Solche Niederschläge sind Regenfälle von kurzer Dauer (1 min bis zu 24 h). G. Wussow hat für Mitteleuropa ein Kriterium für die Abgrenzung von Starkregen festgelegt.

N.....Niederschlagsintensität in mm

D.....Regendauer in min

$$N \geq \left[ 5 * D - \left( \frac{D}{24} \right)^2 \right]^{0.5}$$

Im Alpenraum lassen sich Starkniederschläge im Wesentlichen in zwei Kategorien einteilen:

- **Konvektive Niederschläge** treten in der Regel kleinräumig mit hoher Intensität und kurzer Dauer (einige Stunden) im Sommerhalbjahr auf, z.B. Schauer und Gewitter. Die durchschnittliche Niederschlagssumme beträgt im Allgemeinen zwischen 40-80 mm /h. Hierzu zählen die Dauerstufen 5 min bis einschließlich vier Stunden. Durch diese Art des Niederschlags sind vor allem kleinere Einzugsgebiete stärker betroffen.
- **Zyklonale Niederschläge** als Folgen von Tiefdruckgebieten können weit großräumiger mehrere Tage andauern (z.B. Landregen), und sind in erster Linie auf das Winterhalbjahr beschränkt (OCCC 1998, S.12 f.). Bei dieser Art des Niederschlags beträgt die durchschnittlich anfallende Regenmenge zwischen 100-400 mm /d.

Starkniederschläge können Folgeereignisse, wie Hochwässer, Lawinen und Muren (mit)auslösen. Neueste regionale Modellanalysen für Europa zeigen eine Zunahme des maximalen jährlichen Tagesniederschlags um 10-25% (OCCC 2003, S. 63). Weitere Klimasimulationen prognostizieren, dass eine Intensivierung des Wasserkreislaufes durch den Klimawandel im Winterhalbjahr zu einer Intensivierung von Niederschlagsereignissen beiträgt. Über die zukünftige Entwicklung von Niederschlagsereignissen im Sommerhalbjahr sind keine eindeutigen Aussagen möglich (OCCC 1998, S. 17).

Durch eine solche Erhöhung der Niederschlagsintensität bei Gewitter würden vor allem kleinere Einzugsgebiete bzw. Wasserversorger, die in solchen Gebieten ihre Gewinnungsstellen haben, stärker betroffen sein. Ein Beispiel für die Auswirkung von Starkniederschlagsereignissen enthält die Abbildung Abb. A4-2: für das Gewinnungsgebiet Harras des WLV Triestingtal und Südbahngemeinden. Die Abbildung zeigt das Gewinnungsgebiet vor und nach dem Starkregenergegnis.



**Abb. A4-2:** Gewinnungsgebiet vor und nach einem Starkniederschlagsereignis 2002; Quellgebiet Harras, WLV Triestingtal und Südbahngemeinden(DI Danzinger 2002)

**Zusammenfassung Starkregen:**

Konvektive Niederschläge sind kleinräumig, von kurzer Dauer und hoher Intensität (eher davon betroffen sind kleinere Einzugsgebiete).

Zyklonale Niederschläge treten großräumiger auf und können einige Tage dauern (betroffen davon sind größere Einzugsgebiete).

Zukünftige Szenarien:

- Intensiverer Niederschlag im Winterhalbjahr bzw. Erhöhung der Intensität bei Gewittern.
- Niederschlagszunahme und Zunahme der Intensität im Westen Österreichs.

**A4-2.1.2 Hochwasser**

Bei extremen Hochwässern werden die Abflussspitzen um ein mehrfaches überschritten. Solche Extremereignisse übertreffen bisher beobachtete Hochwässer um ein vielfaches (Abb. A4-3:).

Gewässer	Messstelle	Wasserstand max (cm)	HQmax (m³/sec)	Zeitpunkt	Einstufung
Bregenzerach	Hopfreben	560	150		HQ1000
Bregenzerach	Au	280	300		HQ400
Bregenzerach	Mellau	352	450		HQ200
Bregenzerach	Kennelbach	580	1.350	23.8. - 03.30	HQ100
Ill	Gisingen	796	690	23.8. - 06.00	HQ100
Frutz	Sulz	280	300	22.8. - 23.45	
Rhein	Lustenau	1.079	2.200	23.8. - 05.45	HQ10
Dornbirnerach	Hoher Steg	527	155		
Dornbirnerach	Lauterach	668	230	23.8. - 05.15	HQ30
Emsbach	Hohenems	145	14	22.8. - 15.30	

**Abb. A4-3:** Abflusswerte ausgewählter Gewässer beim Augusthochwasser 2005 in Vorarlberg (Amt der Vorarlberger Landesregierung 2005, S.11)

Derartige Extremhochwässer formen nicht nur das Gewässerbett um, sondern überfluten auch große Landstriche. Diese Überflutungen sind in der Natur Teil der Gewässerdynamik, für den Menschen hingegen bedeuten solche Hochwässer meist große Schadensereignisse, bzw. sogar Naturkatastrophen.

Alleine beim Augusthochwasser 2005 wurde in Vorarlberg ein Gesamtschaden von 178,2 Mio. € verursacht. Die Schäden für die Trinkwasserversorgung beliefen sich auf 2,7 Mio. €.

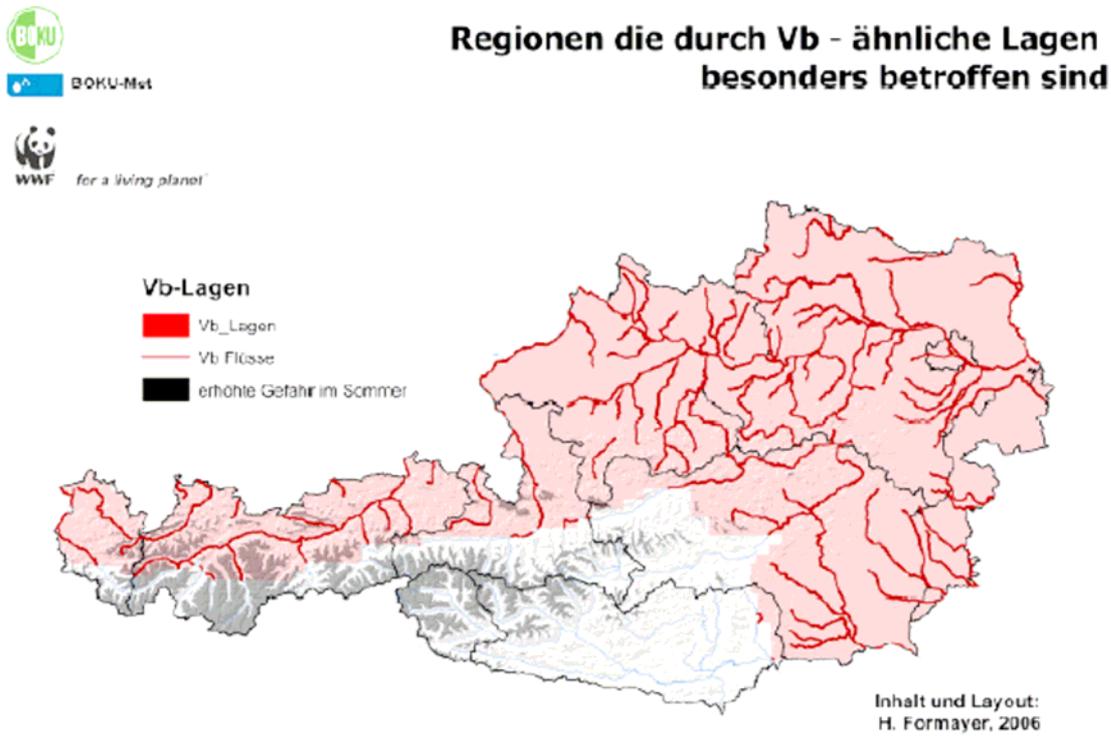
Für die Entstehung von Hochwässern sind mehrere Faktoren zuständig. Die Ausprägung von Hochwässern wird u.a. durch die Niederschlagsmenge, die Niederschlagsform, den Zustand der Speichergrößen (Gletscher, Vegetation, Boden) und die Größe des Einzugsgebietes bestimmt.

Bei größeren Einzugsgebieten (> 300 km²) sind meistens so genannte Vb Wetterlagen bzw. länger anhaltenden Niederschläge Verursacher von Hochwasserereignissen.

- Hochwasser 2002 (zweites Augusthochwasser) Ober- und Niederösterreich
- Hochwasser 1999 und 2005 Tirol und Vorarlberg

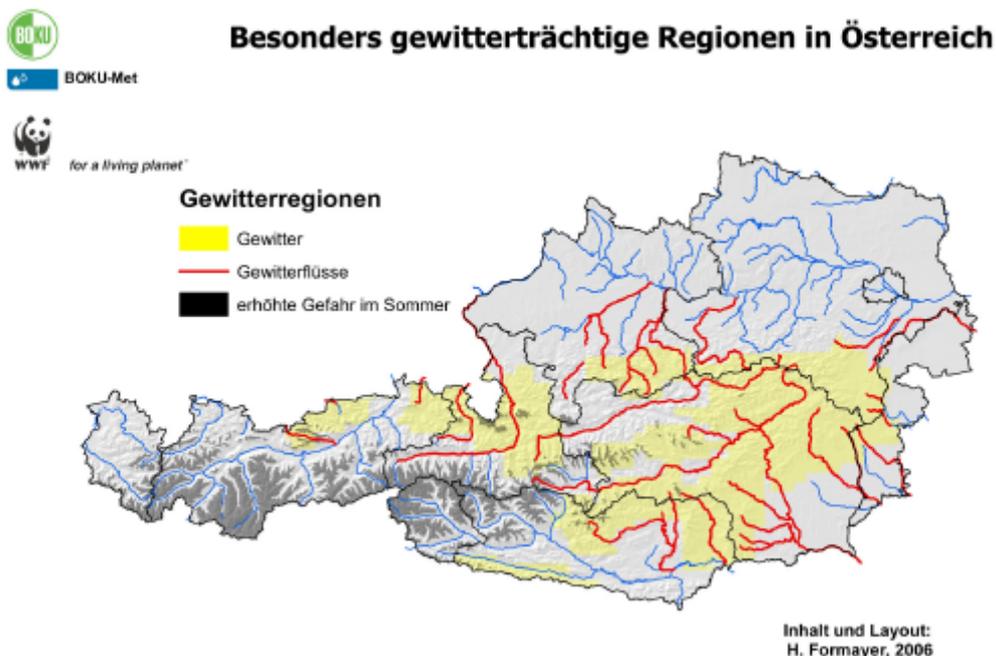
Solche Vb Wetterlagen beregnen in einen Zeitraum von 2-3 Tagen Teile des österreichischen Bundesgebiets (Abb. A4-3:).

Je nach Lage des Tiefs liegen die maximalen Niederschläge an der Alpennordseite weiter östlich oder westlich. Ein Beispiel für die unterschiedliche Auswirkung der Lage des Tiefs sind die Hochwässer 2002 (Ober- und Niederösterreich) bzw. 2005 (Tirol und Vorarlberg).



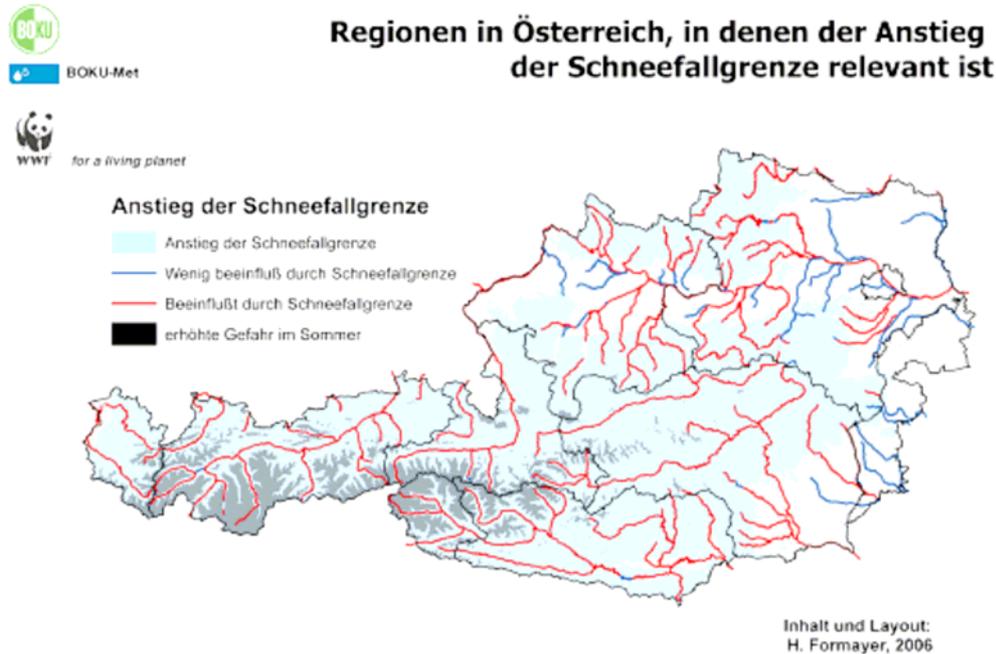
**Abb. A4-4:** Regionen die durch Vb und Vb ähnliche Wetterlagen besonders betroffen sind.

Für kleinere Einzugsgebiete (< 100 km<sup>2</sup>) bergen nicht nur Niederschlagsfelder ausgeprägter Tiefdruckgebiete eine Gefahr, sondern auch intensive Starkniederschläge aus Gewittern. Das sind zum Beispiel Einzugsgebiete von Oberläufen größerer Flüsse (Abb. A4-3:).



**Abb. A4-5:** Besonders gewitterträchtige Regionen in Österreich. Basis 10 jährige Klimatologie der ALDIS Blitzortung.

Eine dritte Ursache für Hochwässer ist auch ein Anstieg der Schneefallgrenze und eine gleichzeitige Niederschlagszunahme im Winter. Durch diese beiden Triebfedern nimmt die Hochwassergefahr im Tiefland und im Alpenvorland zu dieser Jahreszeit zu (Abb. A4-3:).



**Abb. A4-6:** Regionen, die durch den Anstieg der Schneefallgrenze voraussichtlich am stärksten betroffen sein werden.

**Zusammenfassung Hochwasser:**

Bei Extremhochwässern werden die Abflussspitzen um ein vielfaches überschritten, und sie können große Schadensereignisse bzw. sogar Naturkatastrophen sein.

Die Faktoren für die Entstehung von Hochwässern sind vielfältig (z.B. Einzugsgebiet, Jahreszeit, Wetterlagen, usw.)

Für größere Einzugsgebiete (> 300 km<sup>2</sup>) sind in Österreich hauptsächlich so genannte Vb Wetterlagen für Hochwässer verantwortlich.

Bei kleineren Einzugsgebieten (<100 km<sup>2</sup>) führen eher Starkniederschläge dazu.



**Abb. A4-7:** L 200 Bregenzerwaldstraße, Sporeneggbrücke mit abgerutschter Trinkwasserleitung (Amt der Vorarlberger Landesregierung 2005, S.31)

#### **A4-2.2 Dürre**

Der Hitzesommer 2003 ist mit seinen Auswirkungen sicher noch jedem in eindrücklicher Erinnerung. Diese Situation stellte die österreichischen Wasserversorger gleich vor eine doppelte Herausforderung, die es zu bewältigen galt. Zum einen sanken die Grundwasserstände und die Quellschüttungen gingen zurück. Zum anderen stieg durch die erhöhte Temperatur gleichzeitig auch der Wasserverbrauch. Aufgrund dessen wird in dieser Studie der Dürre ein Hauptaugenmerk gewidmet.

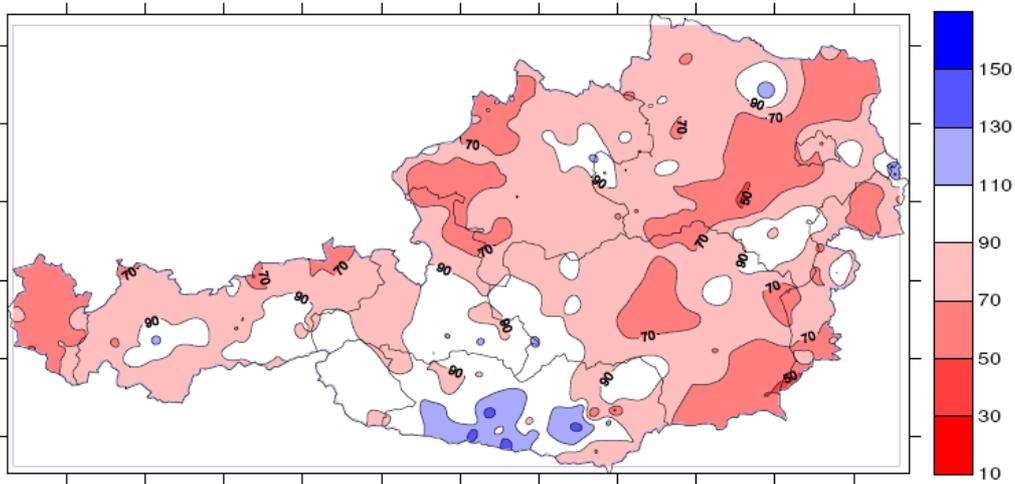
Dürre bezeichnet Perioden außergewöhnlicher Trockenheit, hervorgerufen durch großen Niederschlagsmangel bei gleichzeitig hohen Temperaturen. Unter einer Trockenperiode versteht man einen Zeitraum mit ausgeprägt trockener Witterung, ohne einheitliche Definition der Kriterien über Lufttemperatur und Niederschlagswerte. Die Definitionen von Trockenheit und Dürre hängen zusätzlich davon ab, welche wissenschaftliche Disziplin sie definieren (Meteorologie, Landwirtschaft, Hydrologie). Die Hydrologische Dürre ist jener Typ, der auch hier näher beleuchtet werden soll. Sie ist dann zu verzeichnen, wenn die Wasserreserven (Reservoirs, Speicher) unter einen statistischen Durchschnitt fallen.

Um einen vergleichbaren Indikator für die Trockenheit zu haben, wird das Unterschreiten einer bestimmten Abflussmenge in den kleineren Mittellandflüssen vorgeschlagen. Dies deshalb, da diese Größe quantifizierbar ist und sich gleichzeitig auf die Landwirtschaft (keine Bewässerung mehr möglich), die Trinkwasserversorgung (unterbundene Anreicherung der Grundwasserkörper), die Elektrizitätswirtschaft (leere Stauseen im Voralpenraum) und den natürlichen Lebensraum (Fischsterben) auswirkt (OcCC 2000, S.11).

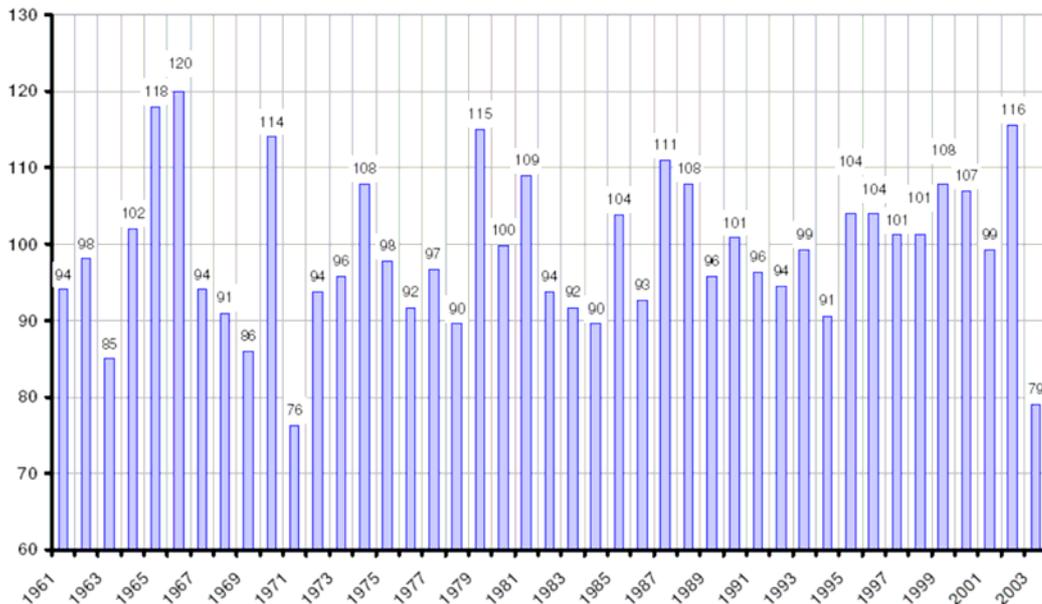
Verursacher solcher Trockenperioden sind meist langandauernde Hochdrucklagen über dem europäischen Kontinent. Als Folge einer solchen Wetterlage wiesen weite Teile Österreichs im Jahr 2003 ein merkliches Niederschlagsdefizit auf.

In Österreich wurden nur ca. 80% des langjährigen Niederschlag-Normalwertes erreicht. Im Osten und Südosten - vereinzelt auch in der Steiermark und in Oberösterreich - wurden noch geringere Niederschlagsmengen gemessen (< 70% des Normalwertes). Nur Osttirol und die angrenzenden Teile von Salzburg und Kärnten wurden annähernd normal überregnet (Abb. A4-8.; Abb. A4-8:).

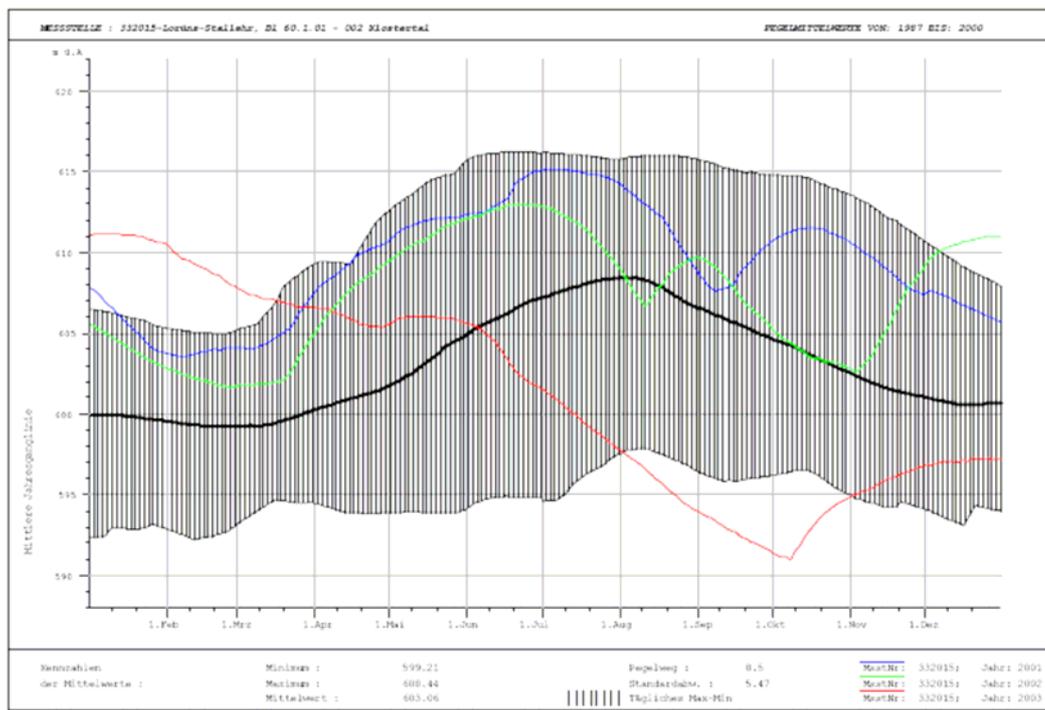
Diese Niederschlagsdefizite wurden durch die hohen Sommertemperaturen (der Sommer war einer der wärmsten seit Beginn der Messungen) noch verschärft, da die starke Verdunstung einen großen Teil des ohnehin geringen Niederschlags der Grundwasserneubildung entzog (Eybl 2004, S.1). (Abb. A4-10:)



**Abb. A4-8:** Niederschlagssumme Mai bis August 2003 in Prozent vom Normalwert 1961-1990 (Mitteilungsblatt des hydrografischen Dienstes Nr. 83, S.6)



**Abb. A4-9:** Jahresniederschlagssumme Mai für Österreich in Prozent der Mittelwerte der Reihe 1901 - 1950 (Mitteilungsblatt des hydrografischen Dienstes Nr. 83, S.8)



**Abb. A4-10:** Klostersetal Messstelle Lorüns-Stallehr, Grundwasserstände 2001-2003 im Vergleich zu Beobachtungen seit 1987 (Eybl 2004, S.9)

#### Zusammenfassung Dürre:

Sind Perioden mit außergewöhnlicher Trockenheit und werden durch Niederschlagsmangel bei gleichzeitig hohen Temperaturen hervorgerufen. Ein möglicher Indikator ist das Unterschreiten einer bestimmten Abflussmenge in kleineren Mittellandflüssen, da dies quantifizierbar ist, und Auswirkungen auf Bereiche hat, die vom Wasser abhängig sind.

Verursacht werden Dürren und Trockenperioden meist durch lang andauernde Hochdrucklagen über dem europäischen Kontinent.

Die zukünftigen Auswirkungen und möglichen Szenarien dieser Extremereignisse werden in den nächsten Kapiteln noch genauer behandelt.

Es ist auch nicht die Hauptaufgabe dieser Studie, Definitionen für alle Extremereignisse zu finden, sondern den bisherigen Wissenstand im Hinblick auf Extremereignisse zu sammeln, auszuwerten und deren Auswirkungen auf die Sicherheit der Trinkwasserversorgung zu untersuchen.

## A4-3 Auswirkungen auf die Trinkwasserversorgung

### A4-3.1 Niederschlagsereignisse

#### A4-3.1.1 Besonders betroffene Gebiete in Österreich

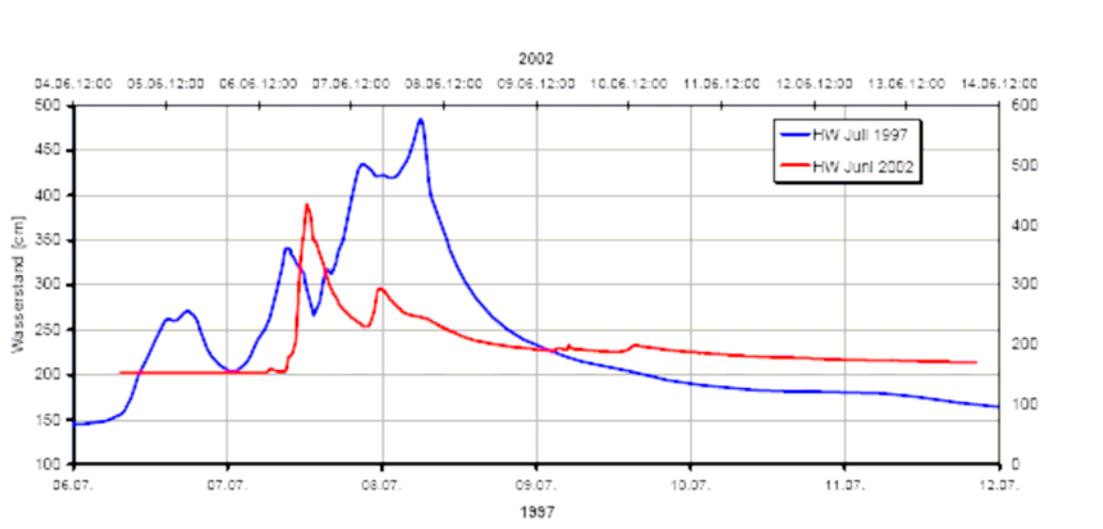
Betrachtet man die Extremniederschlagsereignisse aus den Jahren 1991, 1997, 1999, 2002, 2005 und 2006 lässt sich eine Differenzierung in Starkniederschläge bzw. in länger andauernde Niederschläge (Landregen oder u.a. so genannte Vb Wetterlagen) finden.

Eine diesbezügliche Unterteilung ergibt, dass es sich bei den Hochwässern aus den Jahren 1997 sowie dem ersten Auguthochwasser 2002 um Starkniederschläge handelt. Diese Hochwässer waren dadurch gekennzeichnet, dass sie lokal meist stark begrenzt sind und hohe Niederschlagssummen innerhalb einer relativ kurzen Zeit (einige Stunden) aufwiesen.

#### Hochwasser 1997:

Dieses Hochwasser ereignete sich nicht nach einer langen Regenperiode, sondern nach einer ausgedehnten Trockenperiode, mit nachfolgenden heftigen regionalen Schauern und Gewitterniederschlägen. Das Hochwasser vom Juli 1997 hatte unmittelbaren Auswirkungen auf einige Bezirke in Niederösterreich. (z.B. Mödling, Piestingtal, Triestingtal, Wien Umgebung, Tulln) als zahlreiche südliche Donauzuflüsse über die Ufer traten. Zu diesen Flüssen zählten u.a. die Wien, Liesing, Schwechat, Triesting, Piesting, Gölsen, Traisen, Pielach, Erlauf und Salza sowie deren Zubringer.

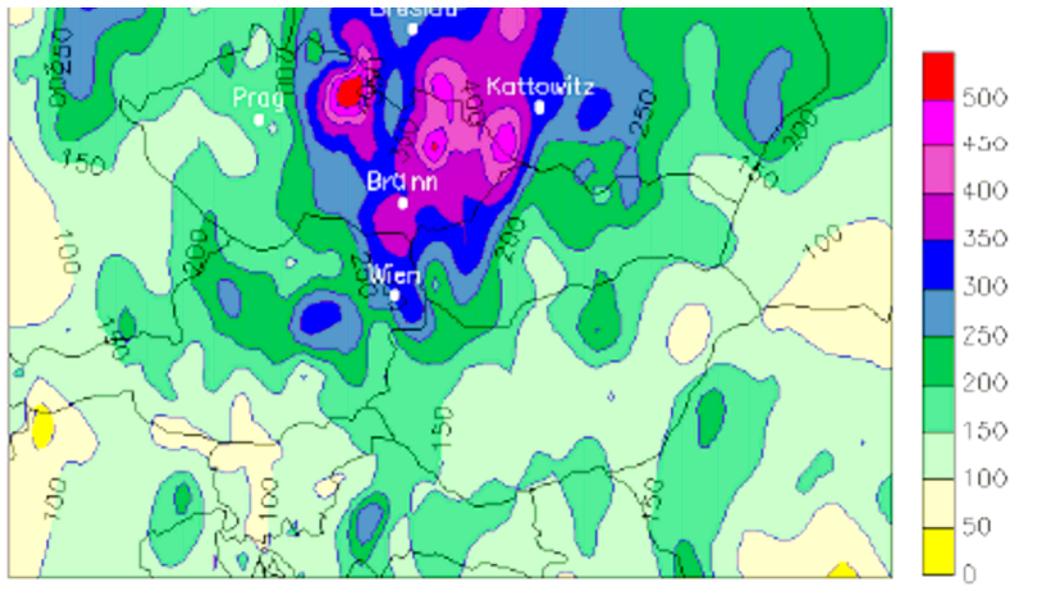
Abb. A4-11: zeigt das Hochwasser 1997 im Vergleich zum Hochwasser 2002 am Pegel Fahrafeld.



**Abb. A4-11:** Vergleich der Hochwasserganglinien vom Juli 1997 und Juni 2002 an der Schwechat, Pegel Fahrafeld (Godina 2004 S.11)

Lunz am See registrierte vom 4. bis zum 21.7. 407 l/m<sup>2</sup> (vom 4. bis zum 8.7. 243 l/m<sup>2</sup>), Wien registrierte im Juli mit 244 l/m<sup>2</sup> die größte Monatsniederschlagssumme. Im speziellen von 4.-8.7. mit 184 l/m<sup>2</sup> die größte 5-Tagesmenge seit Beginn der Messungen.

In Abbildung Abb. A4-12: ist die Menge des Niederschlags bezogen auf den mittleren Monatsniederschlag der Jahre 1961- 1990.



**Abb. A4-12:** Verteilung der Niederschlagshöhen in Zentraleuropa im Juli 1997 in % der monatlichen Niederschlagshöhe 1961-1990 (DWD 1997, S.1)

### **Hochwasser 2002 (6. – 7. August):**

Verursacht wurden diese Starkniederschläge durch ein einseitiges Hochdrucksystem über dem Nordatlantik. Durch das einseitige Hochdrucksystem wurde die stabile Lage des verstärkt feuchtwarme 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. (Godina 2004, S.14)

Bei diesem ersten Hochwasserereignis im August waren hauptsächlich Niederösterreich und Oberösterreich durch Starkniederschläge betroffen. Im speziellen das östliche Mühlviertel und das Waldviertel mit Niederschlagssummen von 160 – 200 mm/d.

Alle Flüsse des unteren Mühlviertels, vor allem die Aist, waren in katastrophalem Ausmaß davon betroffen.

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 Kampthal, aber auch abschnittsweise entlang der Niederösterreichischen Krems, der Thaya und der Lainsitz verzeichnet.

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 HQ1000-2000 erreicht (Godina 2004).

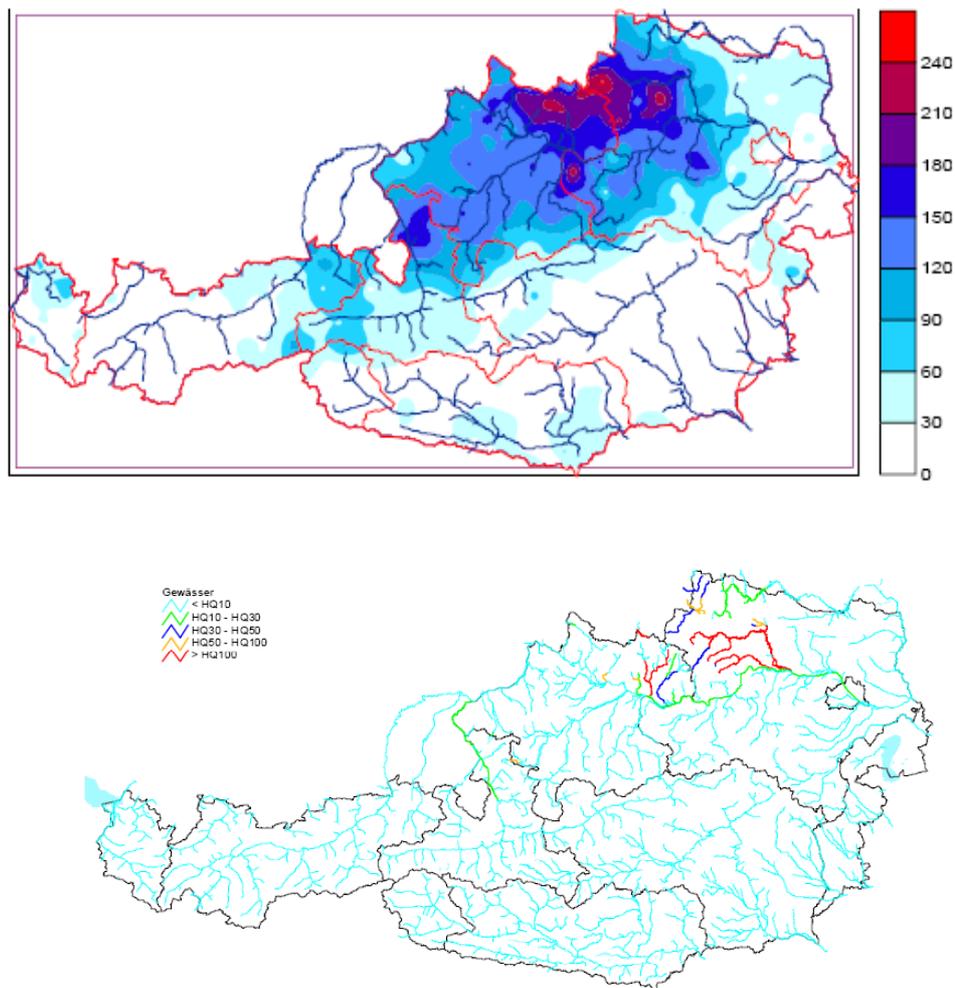


Abb. A4-13: Zweitagesniederschlagssummen und Jährlichkeiten des Ereignisses (Godina 2004, S.16,22)

Die in der Folge beschriebenen Hochwässer aus den Jahren 1991, 1999, das zweite Augusthochwasser 2002 sowie das Hochwasser 2005 sind auf länger andauernde Niederschläge zurückzuführen (Landregen, teilweise Vb bzw. Vb ähnliche Wetterlagen).

#### **Hochwasser 1991:**

Seit dem 20. Juli anhaltende Niederschläge führten vom 28.7. - 5.8. 1991 zur schwersten Hochwasserlage seit 1954. Am 28. Juli wurde die Stadt Steyr von der Enns 60 cm hoch überflutet, (höchster Wasserstand seit 18 Jahren); Am 2. August fielen in der Stadt Salzburg in 24 Stunden 130 l/m<sup>2</sup>. Die Salzach trat über die Ufer; gleichzeitig war Steyr das zweite Mal unter Wasser.

Am 4. August stieg in Wien der Pegel der Donau von 5 auf 7 Meter (Durchflussmenge 9000 m<sup>3</sup>/Sek. - 1954 waren es 9.600 m<sup>3</sup>/Sek.); alle Donaugemeinden stromabwärts von Linz waren vom Hochwasser betroffen - Stadtteile von Krems - Stein standen zwei Meter unter Wasser.

Insgesamt wurden in den betroffenen Gebieten zwischen dem 31. Juli und dem 5. August durch Wasser und Schlamm sechs Menschen getötet, sowie auf rund 6.000 ha Ackerland die Ernte

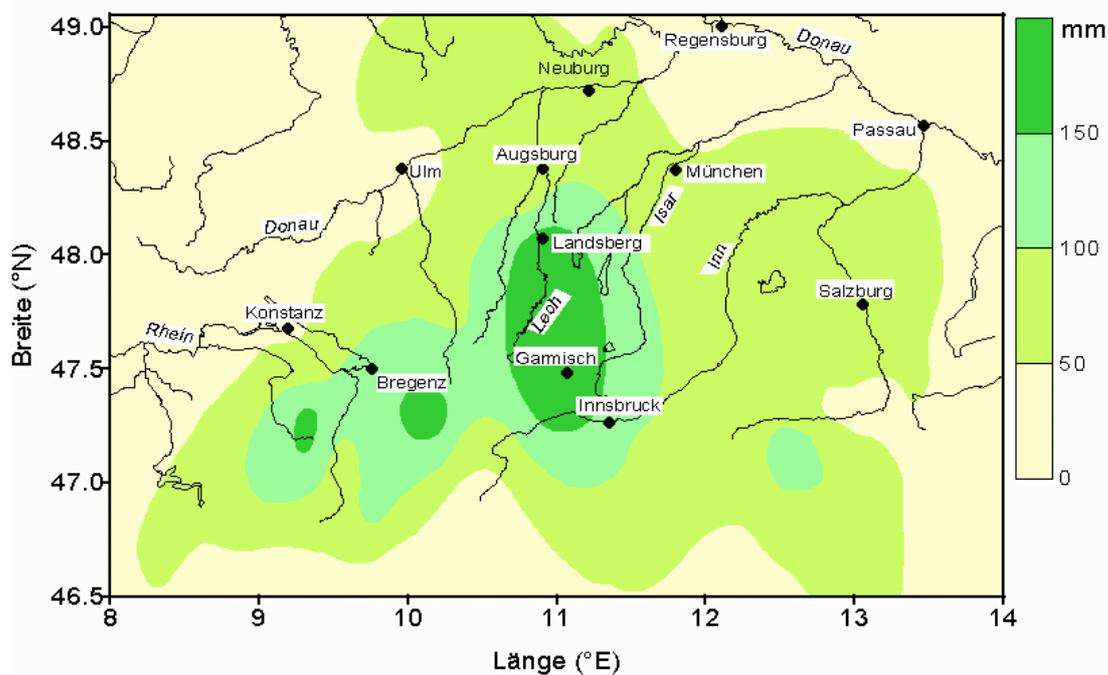
vernichtet. Der Gesamtschaden (auch an Gebäuden, Uferverbauungen und Gütern) belief sich auf rund 72,7 Mio. €.

### **Hochwasser 1999:**

Das Pfingsthochwasser vom 20 – 22 Mai verursachte hauptsächlich in Tirol und Vorarlberg große Schäden. Speziell davon betroffen waren das Tiroler Lechtal und ganz Vorarlberg. In dieser Periode fiel eine Niederschlagsmenge von 300 mm. Der höchste Tagesniederschlag wurde in Thüringerberg (Vorarlberg) mit 251 mm gemessen.

Das Hochwasser hatte mehrere Ursachen. Zum einen langanhaltende starke Niederschläge im betroffenen Gebiet, sowie eine vorangegangene bzw. gleichzeitige Schneeschmelze bis in Höhen von 2500 m. ü. A.

Einen Überblick über die Niederschlagsverteilung und die betroffenen Gebiete gibt Abbildung Abb. A4-14:.



**Abb. A4-14:** Niederschlagssummen vom 20.05.99 - 22.05.99 (3 Tage) in mm(Kunz 1999)

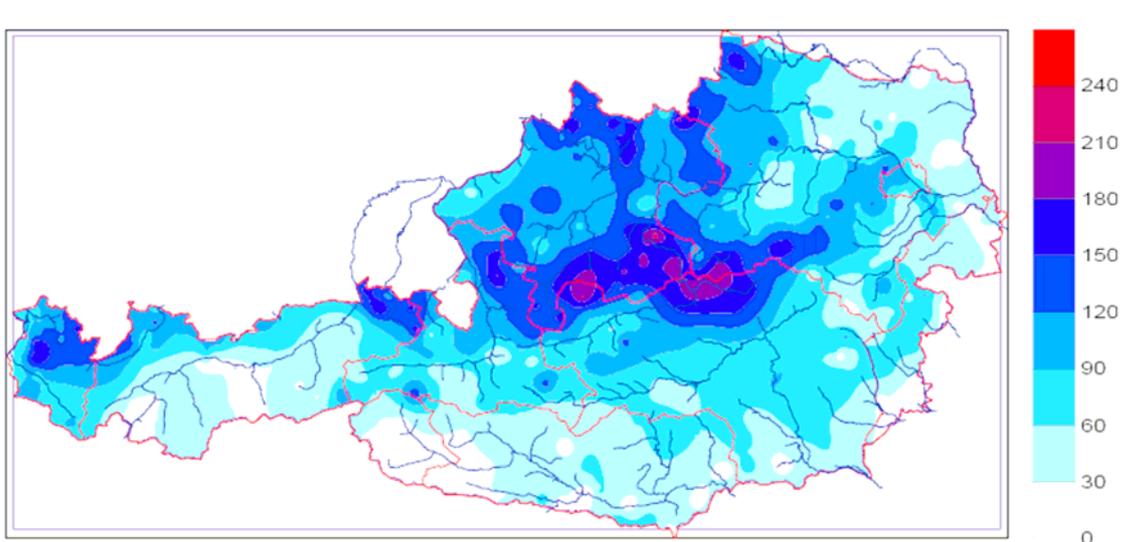
### **Hochwasser 2002:**

Solche Wetterlagen führten bereits in der Vergangenheit sowohl im Frühjahr und Herbst (z.B. Mai 1991), vor allem aber im Sommer (August 1991, August 1966, September 1965, August 1959) zu außergewöhnlichen Hochwasserereignissen (vgl. Godina 2004).

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.

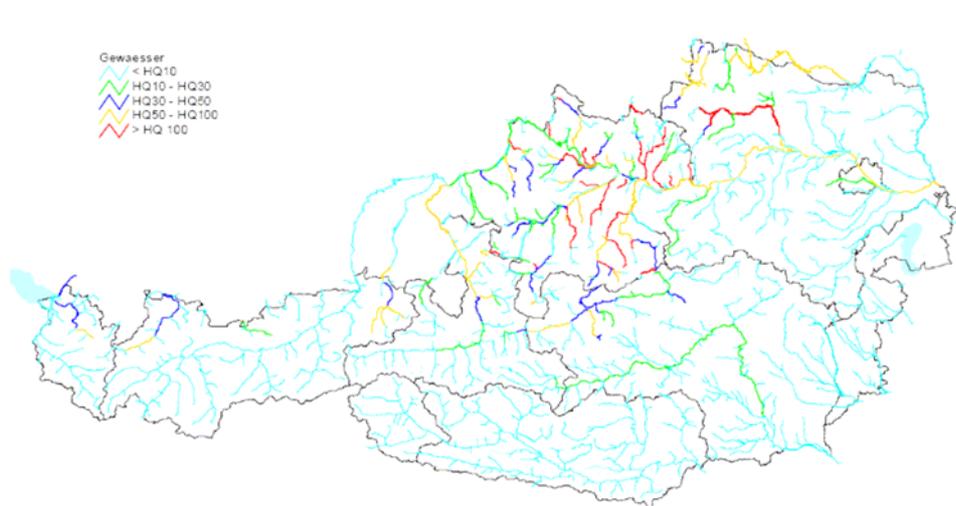
Betrachtet man die 2 Tagessumme des Niederschlags ergeben sich Spitzenwerte von bis zu 227 mm (Laussa, Oberösterreich) was einer Jährlichkeit von 90 – 125 Jahren entspricht.

Die folgenden Abbildungen geben einen Überblick über die Niederschlagsverteilung, bzw. die Jährlichkeiten des Hochwassers.



**Abb. A4-15:** Zweitagesniederschlagssummen in mm vom 11. August 7:00 bis 13. August 2002 7.00 Uhr (vorläufige Daten) (Godina, 2004)

Diese zweite Niederschlagsperiode führte aufgrund der schon vorher schon sehr angespannten Situation (z.B. hohe Bodenfeuchte) zum zweiten Hochwasserereignis.



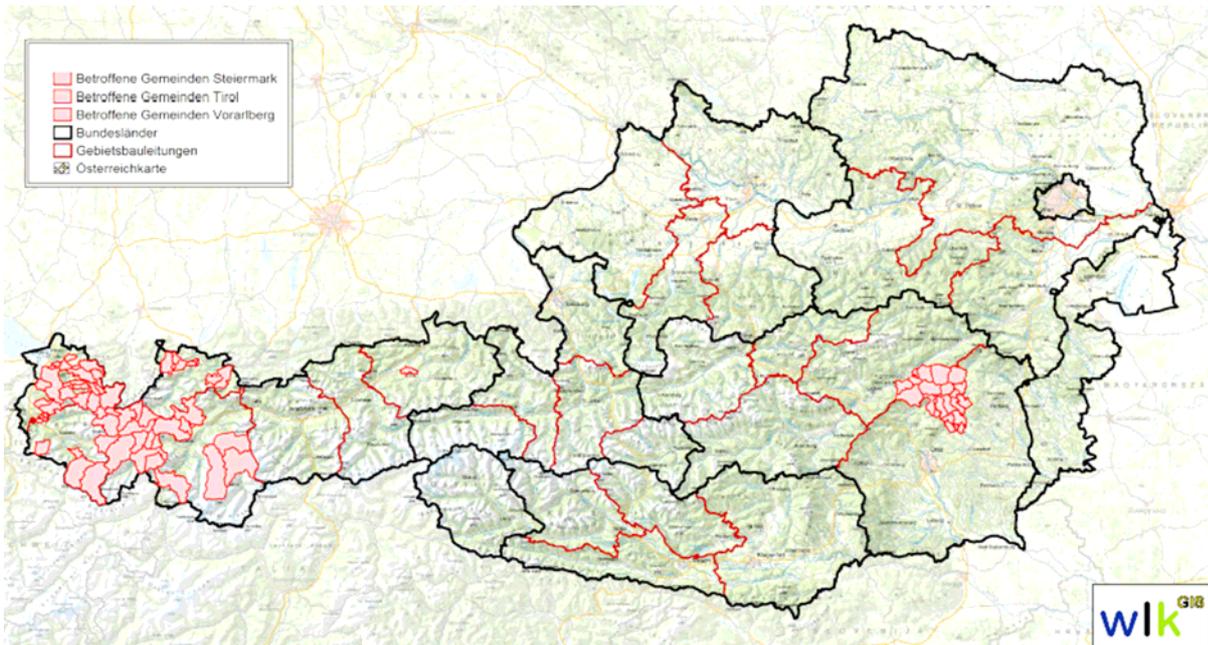
**Abb. A4-16:** Übersicht über die Jährlichkeit des Hochwassers vom 11.-15. August 2002 (Godina 2004).

### **Hochwasser 2005:**

Im Laufe des Nachmittags des 22. August verlagerten sich die Niederschläge auf den westlichen Teil Österreichs. Dabei führten intensive Niederschläge mit Tagessummen im Bereich der bisher größten gemessenen Werte – (in weniger als 24 Stunden fielen in Tirol und Vorarlberg 120 bis 230 mm), verbunden mit einer großflächigen Überregnung in der Nacht vom 22. bis 23. August in Vorarlberg, im Tiroler Oberland und im Außerfern zu einer extremen und großflächigen Hochwassersituation.

Vom Hochwasser 2005 waren hauptsächlich Gebiete in Vorarlberg, das westliche Tirol, und die Steiermark betroffen. In der Steiermark war überwiegend die Weststeiermark von stärkeren Hochwässern mit einer Jährlichkeit von 50 – 100 Jahren betroffen (Schwarzau, Weiße Sulm, und Saggaubach).

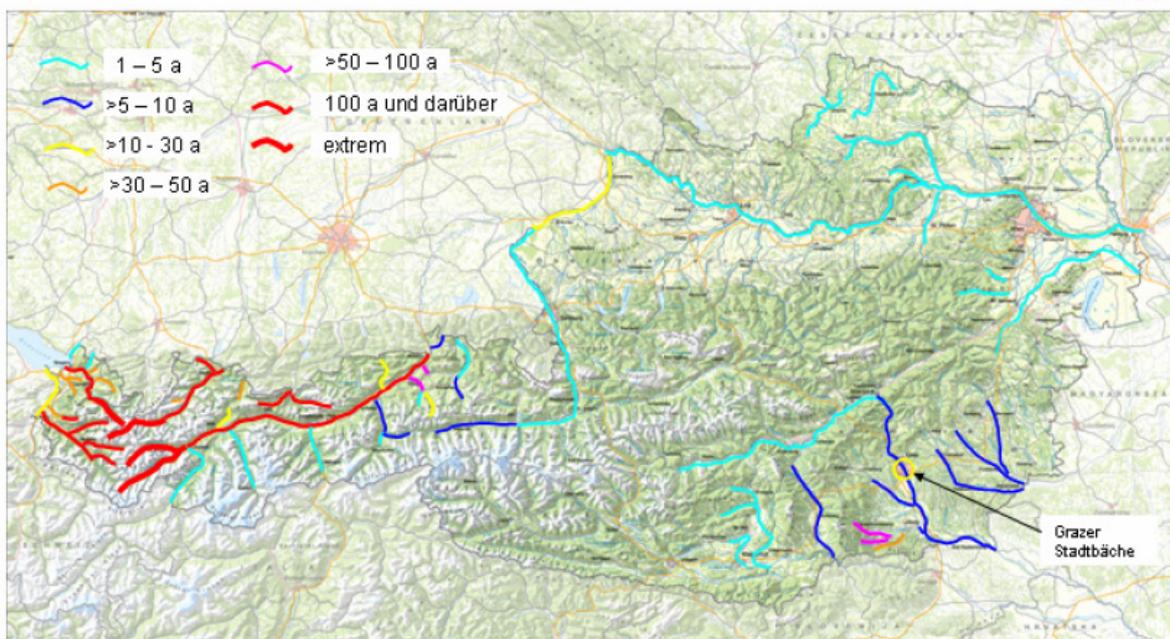
Die Abbildung Abb. A4-17: bzw. Abb. A4-18: geben einen Überblick über die betroffenen Gebiete.



**Abb. A4-17:** Vom Hochwasser des 21 - 25 Augustes 2005 betroffene Gebiete (die Wildbach, 2005)

Hochwasserereignis 21.08. bis 25.08. 2005

Betroffene Gewässer mit einer ersten Einschätzung der Jährlichkeit



Graphik: Hydrologischer Atlas Österreichs HAÖ;  
Abteilung VII/3 – Wasserhaushalt (HZB)  
Aktualität: September 2005

Angaben zur Jährlichkeit:  
Hydrographische Landesdienste

**Abb. A4-18:** Übersicht der betroffenen Gewässer mit Einschätzung des Wiederkehrintervalls (Godina 2005)

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass mit Ausnahme des Burgenlandes bzw. Kärntens alle Bundesländer regelmäßig von solchen extremen Hochwasserereignissen getroffen wurden. (Betrachtungszeitraum seit 1991).

Gebiete in Österreich wo das Flusseinzugsgebiet eher klein ist (alpiner Bereich, bzw. Oberläufe von Flüssen) sind hauptsächlich durch extreme Starkniederschläge bzw. Gewitter gefährdet. In diesen Gebieten kommt es durch den schnellen Anstieg der Hochwasserwelle zu einer weitaus größeren Zerstörung, durch die höhere Energie des Wassers.

Bei Flüssen mit größeren Einzugsgebieten sind eher längere Niederschläge die Verursacher von Hochwässern. Die typischen Schäden treten hier nicht durch die kinetische Energie des Wassers auf, sondern durch eine Überstauung des Gebietes.

Am öftesten wurden Tirol Vorarlberg, Oberösterreich, und Niederösterreich von Hochwässern getroffen (1991, 1997, 1999, 2002, bzw. 2005).

### **A4-3.1.2 Schadensereignisse an Technischen Anlagen**

Die Grundlage für die Schadensauswertungen waren Schadensberichte von Wasserwerken anlässlich z.B. von ÖVGW Symposien, Literaturlauswertungen bzw. Befragungen von betroffenen Wasserwerken (regional und überregional). Ergänzend dazu wurde wie beim Wasserricherheitsplan eine etwas abgewandelte Art des Hazard Analysis and Critical Control Point Konzeptes (HCCP) angewandt, um die möglichen Schadensauswirkungen von der Quelle bis zum Endverbraucher beurteilen zu können.

Je nach Art des Niederschlagsereignisses (Vb bzw. Vb ähnliche Niederschlagsereignisse, oder Starkniederschläge) sind die Auswirkungen auf die Infrastruktureinrichtungen der Wasserversorgung sehr unterschiedlich.

So sind zum Beispiel die Auswirkungen von Starkniederschlägen in einem alpinen Einzugsbereich ganz anders zu beurteilen, als in einem weitläufigen Flusstal. Aufgrund der viel höheren Strömungsgeschwindigkeiten in einem engen alpinen Tal treten ganz andere Schäden auf, als in einem breiten Flusstal, wo dieses Niederschlagsereignis keinen stärkeren Abfluss bewirkt (siehe Abb. A4-19:).

In weiteren Flusstälern (z.B. Donau) sind die Schäden hauptsächlich auf erhöhte Hoch- bzw. Grundwasserstände zurückzuführen. Diese Gewässer haben meist einen lang gestreckten Hochwasserscheitel, welcher kaum mechanische bewirkte Schäden verursacht.

Das heißt die jeweiligen Schäden hängen unter anderem sehr stark von der geografischen Lage bzw. der jeweiligen Geländeform des Einzugsgebietes ab.

In den nachfolgenden Punkten werden die in einer Wasserversorgung betroffenen Anlagenteile beschrieben.





**Abb. A4-19:** Durch Erosion abgerissene Trinkwasserleitung (Amt der Vorarlberger Landesregierung 2005, S.23,31)

#### *A4-3.1.2.1 Energie- Mess- Steuer- und Regeltechnik*

Durch die immer aufwendigere Steuerungs- und Automatisierungstechnik in der Wasserversorgung ist ein auch ein Teil der Schäden auf den Ausfall der EMSR Technik zurückzuführen. Die Schäden werden entweder durch eine unmittelbare Wassereinwirkung (z.B. Überflutungen) oder durch indirekte Wassereinwirkung hervorgerufen (Muren).

Folgende Bauteilgruppen wurden auf ihre Anfälligkeit bzw. Schadensbilder untersucht.

- Elektroanspeisung
- Schaltschränke
- Elektroinstallationen
- Mess- und Regeltechnik
- Datenübertragung
- Notstromversorgung

Die Schäden wurden hauptsächlich durch Überflutungen hervorgerufen, wobei es durch den hohen Wasserstand zum Ausfall verschiedener Anlagenteile kam (z.B. Brunnen, Keller von Aufbereitungsanlagen).

Bei den Trafoanlagen kann es durch das Wasser zu Kurzschlüssen kommen, die ebenfalls zu Ausfällen in der Stromversorgung führen.

Durch undichte Kabeleinführungen bzw. Kernbohrungen kann das außen anstehende Wasser in die Brunnenstube bzw. Bauwerke gelangen. Besonders betroffen sind dabei unterkellerte Bauteile (z.B. Aufbereitungsanlagen im Kellergeschoß)

Durch die bei solchen Extremereignissen auftretende Überlastung bzw. den Ausfall der Telefonleitungen (inklusive GSM) ist es oft nicht möglich, die Anlage per Fernsteuerung über diese Kommunikationsmittel zu regeln.

Aufgrund dessen ist es auch wichtig für eine autarke Notstromspeisung (mittels fixen für größere Anlagen bzw. mobilen Notstromaggregaten für kleinere Anlagen) zu sorgen. Die Not-

stromanlagen sind weitestgehend hochwassersicher aufzustellen um eine Versorgung bei Ausfall sämtlicher Steuerungs- und Messanlagen auch unmittelbar vor Ort zu gewährleisten. Weiters sollten für den Betrieb der Notstromaggregate genügend Betriebsmittel (Treibstoff) verfügbar und sicher gelagert sein.

Eine alternative Energieversorgung, z.B. Solarzellen bzw. Windenergie (mit anschließender Möglichkeit der Speicherung) sollte je nach technischer Machbarkeit ebenfalls in Betracht bezogen werden.

#### *A4-3.1.2.2 Brunnen und Quellen*

Im Gegensatz zu den Brunnenanlagen sind Quelfassungen bzw. Quellstuben eher von Starkniederschlägen und den daraus oftmals resultierenden Murenabgängen betroffen.

Brunnenanlagen sind fast immer von stehendem Wasser (Grund- oder Hochwasser) betroffen. Dabei kann es, wie im oberen Punkt beschrieben, zu Ausfällen der EMSR Anlagen kommen.

Weitere häufig auftretende Schäden sind:

- Eindringen von Oberflächenwasser durch undichte Stellen (z.B. Rohrdurchführungen, Schachtabdeckungen) und eine damit einhergehende Verschlammung des Brunnens (Verkeimungsproblem).
- Eindringen von Öl in die Brunnenstube bzw. weiter in den Aquifer.
- Aufschwimmen des Brunnenkopfes durch einen erhöhten Grundwasserstand.

Ein weiteres Problem sind die oft in sehr schlechtem Zustand befindlichen Hausbrunnen, die als Schluckbrunnen fungieren können und so zu einer großräumigen Kontamination des Grundwasserkörpers führen.

Beim Hochwasserereignis im August 2002 waren zahlreiche Trinkwasserbrunnen vor allem an Donau, Kamp, Krems, Thaya und Lainsitz betroffen. Dies betraf sowohl große öffentliche Anlagen (ca. 50), als auch Einzelanlagen (mehrere 1000 Anlagen) (Wachter 2002 S.32).

Bei Quellen kann aufgrund von Starkniederschlägen eine erhöhte Trübung auftreten, unter Umständen mit einer damit verbundenen Beeinträchtigung der mikrobiologischen Qualität. Für solche Fälle ist es empfehlenswert, wenn eine automatische Trübungsmessung vorhanden ist, die ein qualitätsbezogenes Management der Quelle ermöglicht (z.B. automatisches Ausleiten der betroffenen Quelle bei zu hohen Trübungswerten). Weiters kann es durch Vermurungen zu Totalausfällen der Quellen kommen.

Um die negativen Auswirkungen auf Brunnen so gering wie möglich zu halten, gibt es unter anderem verschiedene Maßnahmen:

- Herstellen von dichten Rohr- und Stromdurchführungen
- Situierung der Gewinnungsanlage ausserhalb eines unmittelbaren Gefährdungsgebietes (z.B. unter Berücksichtigung des Hochwasserrisikoatlas HORA)
- Ausführung von dichten Schachtabdeckungen
- Hochziehen des Brunnenschachtes über das zu erwartende Hochwasser

#### *A4-3.1.2.3 Leitungsnetze*

Hier fallen sowohl die Transportleitungen, als auch die Versorgungsleitungen mit allen Armaturen unter den Sammelbegriff Leitungsnetz.

Auch hier kann wiederum zwischen strömungsbedingten Leitungsschäden und Schäden durch stehendes Wasser unterschieden werden. Bei den strömungsbedingten Leitungsschäden wird oftmals die Leitung durch mechanische Einwirkungen zerstört, Düker werden frei

gespült oder auch Rohrbrücken abgerissen (siehe Abb. A4-19:). Sollten Wasserleitungen im steilen Gelände verlegt worden sein, kann es passieren, dass durch das Künnettenfüllmaterial eine Art Drainagewirkung entsteht, das Material erodiert wird, und die Leitungen abrutschen. Eine Abhilfe um die Erosion des Füllmaterials zu stoppen bietet der Einbau von Querriegeln.

Bei stehendem Wasser tritt oftmals das Problem auf, dass Leitungsbereiche aufgrund der Überflutung nicht mehr abgeschiebert werden können.

Sollten Leitungen umgeschiebert werden, ist darauf zu achten, dass die Schieber nicht zu schnell geschlossen, oder geöffnet werden, um Druckstöße zu vermeiden. Diese können zu Zerstörungen der Leitungen führen.

Beim Wiederbefüllen der Leitungen kann es durch die oftmals defekten Be- und Entlüftungsventile zu Problemen kommen.

Ein weiteres Problem, bei Leitungsnetzen ist, dass z.B. durch verschmutzte Brunnen bzw. abgerissene Leitungen kontaminiertes Wasser ins Netz gelangt, und so zu einer bakteriellen Verunreinigung führt. Diese Leitungen sind durch entsprechende Spülungen und ausreichende Desinfektionsmaßnahmen vor der Wiederinbetriebnahme zu reinigen.

#### **A4-3.1.2.4 Wasserspeicher (Hoch- Tiefbehälter)**

Behälter sind in der Regel lediglich durch indirekte Auswirkungen des Hochwassers bzw. von Starkniederschlägen betroffen, da die Behälterkammern üblicherweise wasserdicht ausgeführt sind.

Weiters sind z.B. Hochbehälter aufgrund der Höhenlage zum Versorgungsgebiet naturgemäß von Überflutungen betroffen, eher besteht dort die Gefahr einer Vermurung.

Bei Tiefbehältern kann – u.U. vor allem bei älteren Behältern - durch Risse oder Undichtigkeiten kontaminiertes Wasser in die Wasserkammern gelangen.

Das weitaus größere Problem für Speicherbauwerke stellt allerdings die Verschmutzung der Wasserkammern durch kontaminiertes Wasser aus dem Versorgungsgebiet dar. Dieses Wasser gelangt durch verunreinigte Quellen (die nicht rechtzeitig weggeschaltet werden) bzw. durch verunreinigte Brunnen über die Transportleitung in den Wasserspeicher.

Sollte der Wasserbehälter dadurch verunreinigt werden, ist entweder eine händische Chlorung, oder eine nachgeschaltete UV – Anlage zur Desinfektion vorzusehen. Diese Chlorung sollte auf den Tagesverbrauch abgestimmt sein. Dadurch können auch die Versorgungsleitungen vor einer erhöhten mikrobiellen Belastung geschützt werden.

Es ist weiters auch dafür zu sorgen, dass die Behälter gefüllt sind, um bei einem eventuellen Ausfall von verschiedenen Gewinnungsgebieten die Versorgung weiter aufrechterhalten zu können. Das bedeutet aber wiederum eine ausreichende Vorwarnzeit um die Wasserspeicher rechtzeitig befüllen zu können.

### **A4-3.1.3 *Qualität des Trinkwassers***

#### **A4-3.1.3.1 Gewinnungsgebiet**

Die Auswirkungen auf das Gewinnungsgebiet werden anhand zweier Fallbeispiele Hochwasser 2005 Vorarlberg und Hochwasser 2002 Salzburg, näher erläutert und beschrieben.

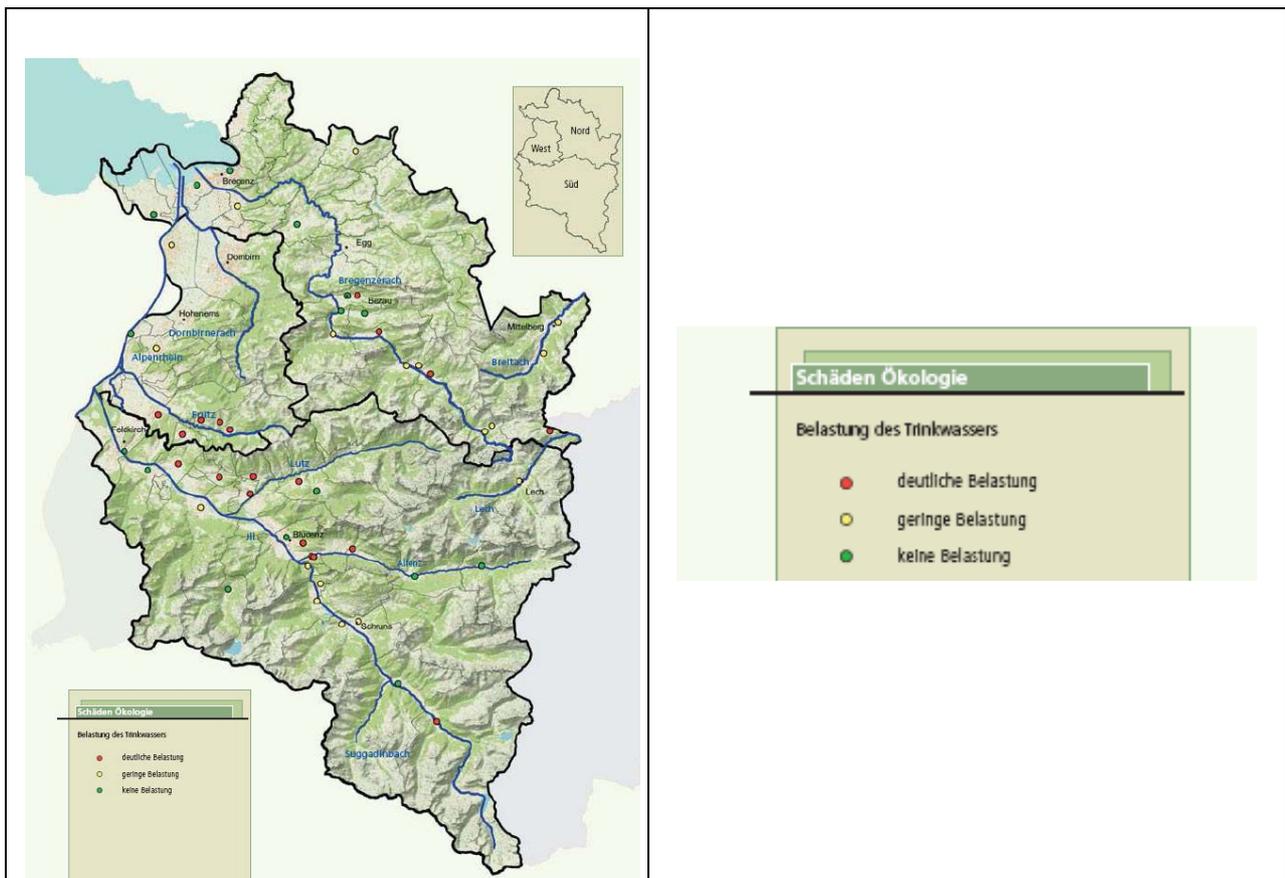
Am 24. und 25. August wurden gezielt in 27 Vorarlberger Gemeinden bei kritischen Quellen 35 Proben entnommen. Fünfzehn dieser Proben wiesen deutliche Belastungen mit Fäkalkeimen auf. In drei Gemeinden wurden die Verbraucher mehrere Tage angehalten, nur abgekochtes

Wasser (mindestens 3 Minuten) zu trinken. In der folgenden Woche waren viele Probenahmestellen wieder unauffällig. Nur einige wenige Quellen mussten über einen längeren Zeitraum beobachtet werden (Hahnefeld 2006).

Die Gründe, die zu diesen negativen Auswirkungen geführt haben, sind vielschichtig. Zum einen wurde durch Abschwemmungen, Zerstörung von Abwassereinrichtungen organisch bzw. bakteriologisch verschmutztes Wasser in den Grundwasserkörper gezogen. Zum anderen funktionieren Hausbrunnen oder Bewässerungsbrunnen, die in einem schlechten baulichen Zustand sind, oftmals als Schluckbrunnen und verunreinigen dadurch den Grundwasserkörper.

Ein weiteres Problem, welches durch die erhöhte Trübung auftreten kann, ist, dass sich die UV-Desinfektionsanlagen automatisch abschalten und die Versorgung dadurch - in einer ohnehin schon angespannten Situation - unterbrochen wird.

Beim Hochwasser 2005 in Vorarlberg waren aufgrund des alpinen Einzugsgebietes hauptsächlich Quellen, bzw. Quelfassungen betroffen. Einen Überblick über die negativen Auswirkungen auf die Gewinnungsgebiete in Vorarlberg zeigt die Abb. A4-20:



**Abb. A4-20:** Auswirkungen des Hochwassers 2005 auf Gewinnungsgebiete in Vorarlberg (Amt der Vorarlberger Landesregierung 2005, S.36)

Durch das Hochwasser im August 2002 wurden Sonderbeobachtungen über die Einwirkungen auf das Grundwasser in Salzburg durchgeführt. Dabei flossen infolge von aufschwimmenden Öltanks alleine in Saalfelden ca. 20.000 l Heizöl bzw. im Flachgau ca. 40.000 l Heizöl auf die umliegenden Felder und Wiesen. Dank des flächenhaften Abtrags von verunreinigtem Erdreich konnte eine größere Verunreinigung des Grundwasserkörpers mit Mineralöl verhindert werden.

Bei dieser Untersuchung wurde ca. 3 Wochen nach dem Hochwasserereignis das Grundwasser an 124 Stellen, die in Porengrundwasserleitern liegen, unter anderem auf folgende Parameter hin untersucht.

- Leitfähigkeit
- Gesamthärte
- Chlorid
- Sauerstoff
- Ammonium

Folgende Parameter zeigen einen unmittelbaren Zusammenhang mit dem Hochwasserereignis.

- Die Leitfähigkeit war bei rund der Hälfte der Messstellen erhöht. Eine Erklärung dafür ist die Zunahme an gelösten Stoffen im Grundwasser.
- Bei der Gesamthärte war bei 28% der Messstellen ein Anstieg der Härte feststellbar.
- Eine Zunahme der Chloridkonzentration im Grundwasser war vor allem dort zu feststellbar, wo es stark befahrene Straßen gibt, die im Winter stark gesalzen werden. Die erhöhte Chloridkonzentration im Grundwasserkörper lässt sich durch Auswaschprozesse im Boden erklären.
- Der Sauerstoffgehalt im Grundwasser ist lokal sehr unterschiedlich ausgeprägt, weshalb eine allgemeingültige Aussage schwierig ist. Grundsätzlich wurde aber festgestellt, dass ein Abbau von organischer Substanz zu einer Minderung der Sauerstoffkonzentration führt.
- Die Untersuchung dieses Parameters soll Rückschlüsse auf eine eventuelle Verunreinigung durch Schmutz- und Mischwasserkanäle geben. Es konnte jedoch keine negative Beeinflussung durch das Hochwasser beobachtet werden.

Hier hat sich ganz deutlich gezeigt, dass durch rechtzeitiges Handeln seitens der Behörde (sprich Bodenabtrag von verunreinigtem Erdreich) größere negative Auswirkungen auf den Grundwasserkörper vermieden werden können. Ein weitaus höheres Gefahrenpotenzial stellen Hausbrunnen bzw. Bewässerungsbrunnen dar, die nicht dem Stand der Technik entsprechen und als so genannte Schluckbrunnen den Grundwasserkörper massiv beeinträchtigen können (vgl. Sonderbeobachtungsdurchgang Hochwasser 2002).

#### A4-3.1.3.2 Versorgungsgebiet

Diese Auswirkungen werden von der versorgten Bevölkerung am unmittelbarsten wahrgenommen. Sei es durch eine Qualitätsverschlechterung z.B. dass das Wasser aus der Wasserleitung abgekocht werden muss damit es trinkbar wird, oder eben, dass die benötigte Quantität nicht mehr zur Verfügung gestellt werden kann.

Solche negativen Auswirkungen auf das Versorgungsgebiet können durch verschiedene Ursachen hervorgerufen werden:

- Zum einen durch eine Überflutung des Versorgungsgebietes selbst, und eine damit einhergehende Zerstörung der Versorgungsleitungen bzw. durch illegal ans Netz angeschlossene Hausbrunnen. Diese Hausbrunnen entsprechen oftmals nicht dem Stand der Technik und bringen durch solche Fehlanschlüsse kontaminiertes Wasser ins Versorgungsgebiet.

- Zum anderen durch zerstörte oder überflutete Leitungsnetze, wobei kontaminiertes Wasser in das Versorgungsgebiet gelangen kann. Bei den überfluteten Leitungsnetzen ist es weiters ein Problem, dass Schieberanlagen bzw. Schieberschächte überflutet sind, und deswegen zerstörte Leitungsabschnitte nicht vom Netz genommen werden können.

Bei Gebieten wo es keine Versorgung durch ein öffentliches Leitungsnetz gibt, sondern die Trinkwasserversorgung durch Hausbrunnen oder Einzelanlagen erfolgt, sind die betroffenen Bürger sehr oft eigenverantwortlich. Hier wäre es wünschenswert, wenn - wie bei der Hochwasserkatastrophe 2002 in Oberösterreich, eine Hilfestellung durch „große“ Wasserwerke oder überregional tätige Einrichtungen erfolgt. Im konkreten Fall wurden z.B. auf Kosten der Linz AG in einer Gemeinde 75 Hausbrunnen auf chemische und bakteriologische Parameter hin untersucht. Vor allem in Bundesländern mit einem sehr hohen Anteil an Hausbrunnen (Oberösterreich ca. 22%) bzw. Einzelwasserversorgungen sollte es vom Land eine Möglichkeit geben in Katastrophenfällen unbürokratisch und schnell eine Untersuchung des Trinkwassers durchführen lassen zu können.

Die Auswirkungen auf die Infrastruktur der Wasserversorger hängen stark von der Energie der Hochwasserwelle ab. So unterscheiden sich Schäden in alpinen Einzugsbereichen (z.B. Leitungsabrisse), von Schäden in breiteren Flusstälern (eher Überflutungen durch stehendes Wasser). Betroffen davon können eigentlich alle Anlagenteile vom Gewinnungsgebiet bis zum Endverbraucher sein. Weiters wirken sich solche Ereignisse auch auf die Wasserqualität aus (z.B. bakteriologische Beeinträchtigung des Trinkwassers), die in der Folge zu einer gesundheitlichen Gefährdung des Endverbrauchers führen können.

### A4-3.2 Dürre

Bei den Dürreperiode fallen in Österreich besonders die Jahre 1971, 1983, 1992, 1993 und das Jahr 2003 mit der Jahrhunderttrockenheit auf.

#### A4-3.2.1 Besonders betroffene Gebiete in Österreich

- 1971: Einige Flüsse in den Niederungen Niederösterreichs sowie im Raab- und Rabnitzgebiet verzeichnen ihre Niederstabilflüsse schon im August und September (March, Leitha). An der Mur und Drau traten sowohl im März als auch im November extreme Niedrigwasserabflüsse auf (Nobilis 2006, S.52).
- 1983: Der Oktober bzw. November waren in der Steiermark extrem trocken (Nobilis, 1985) Für das steirische Enns und Mur sowie das Raabgebiet dauerte die längste Trockenperiode bis zu 40 Tage. Dies stellt 10 bis über 50 jährliche Ereignisse dar (Nobilis 2006, S.52).
- 1992/1993: Besonders betroffen war die Steiermark, wo sehr unterdurchschnittliche Niederschlagsmengen bis zum Herbst aufgetreten sind. (Harum et.al., 1995) Hier kam es zu Schäden in der Landwirtschaft durch einen sehr niedrigen Grundwasserstand.
- 2003: Die Auswirkungen betrafen das gesamte Bundesgebiet, am stärksten waren der Süden bzw. der Osten Österreichs (südliche Steiermark, Südburgenland, Wien und Kärnten) betroffen.

In der Studie Analyse von Hitze und Trockenheit und deren Auswirkungen in Österreich wurden Hitzetage ( $T > 30\text{ °C}$ ) sowie für die Trockenheit Tage mit einem Niederschlag  $> 1\text{ mm}$  für den Zeitraum 1961-1990 ausgewertet. Die Ergebnisse sind in Abb. A4-21: bzw. Abb. A4-22:dargestellt.

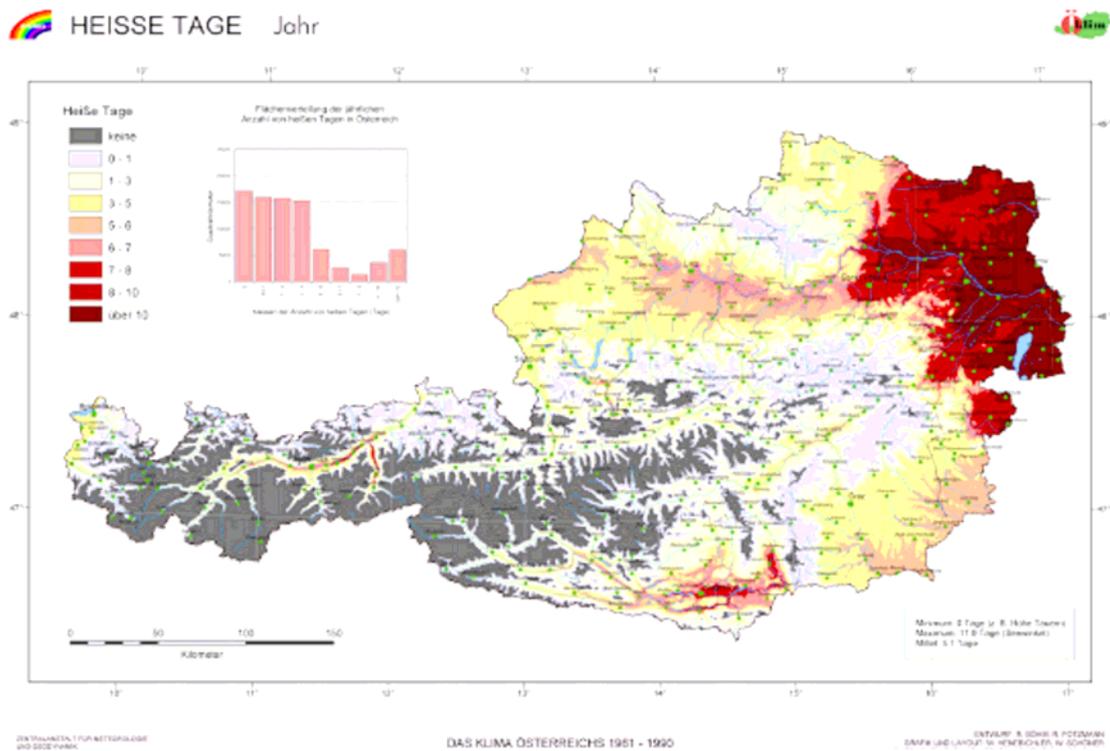
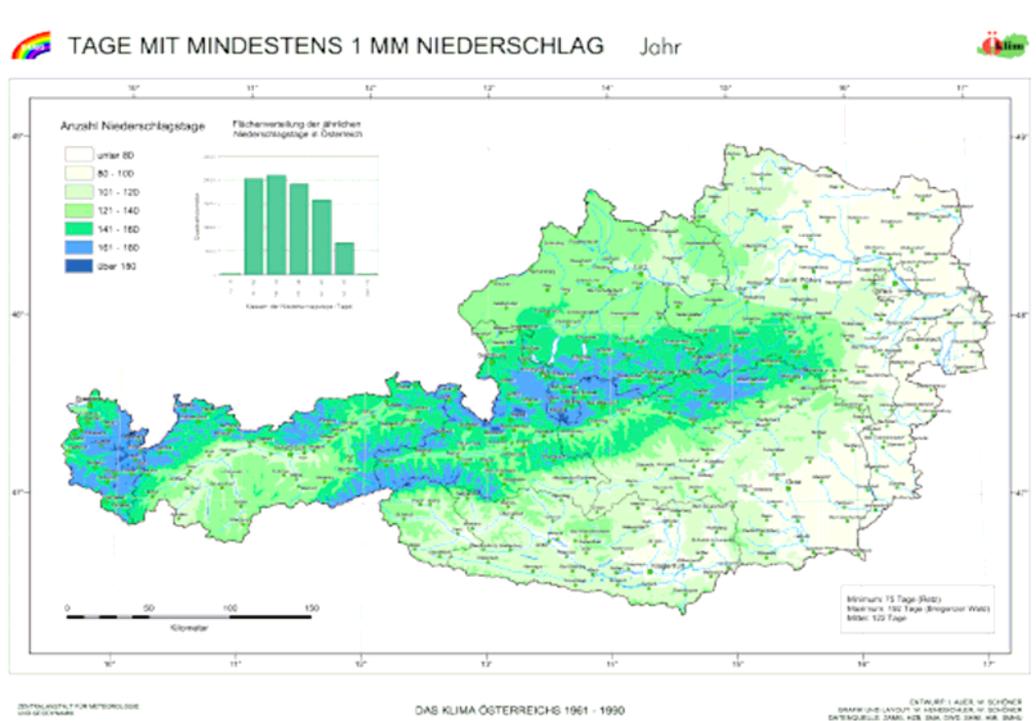


Abb. A4-21: Räumliche Verteilung der mittleren Anzahl der heißen Tage pro Jahr in Österreich im Zeitraum 1961-1990. dunkelrot = über 10 heiße Tage pro Jahr, blau = keine (Auer 2005,S. 9)



**Abb. A4-22:** Räumliche Verteilung der Zahl der Tage mit Niederschlag  $\geq 1$  mm in Österreich (Mittel 1961-1990) (Auer 2005, S. 20)

Legt man die beiden Karten aus Abb. A4-21: bzw. Abb. A4-22: übereinander sieht man welche Regionen in den Jahren 1961 – 1990 hauptsächlich von Trockenheit betroffen waren.

Das sind vor allem folgende Regionen:

- Osten Österreichs (Wien, Bereich Tulln, Mistelbach, nördliches Weinviertel)
- Burgenland (östlich und westlich des Neusiedlersees)
- Klagenfurter Becken
- Lavanttal
- Inntal
- Zillertal

### A4-3.2.2 Qualität des Trinkwassers

Im Gegensatz zum Grundwasserstand bzw. der Quellschüttung von oberflächennahen Quellen reagiert der Chemismus des Grundwassers relativ langsam auf solche Grundwasserschwankungen. Das liegt vor allem an den geringen Fließ- und Sickergeschwindigkeiten bzw. daran, dass Lösungsprozesse des Grundwassers mit dem Gestein länger dauern.

Deswegen liegt dabei das Hauptaugenmerk auf der Mikrobiologie des Wassers, da diese Verunreinigungen bei dürrebedingten Rissbildungen im Oberboden relativ unmittelbar in das Grundwasser gelangen können und die normalerweise vorhandene Pufferwirkung des Bodenkörpers deutlich verringert ist.

Unterschieden wird zwischen qualitätsverändernden Ereignissen an der Wassergewinnungsstelle (Eintrag von pathogenen Bakterien, Viren, und parasitisch lebenden Protozoen) sowie im Versorgungsgebiet (Biofilmproblematik, Wiederverkeimung, Hauswasserinstallationen usw.) (vgl. Sigl 2004).

#### A4-3.2.2.1 Gewinnungsgebiet

Je nach Grundwasserleiter sind die Qualitätsauswirkungen auf das Trinkwasser unterschiedlich.

- Lockergesteine (Porengrundwasserleiter): Hier sind die negativen Auswirkungen von Schadstoffen eher gering, aufgrund der meist genügend großen Überdeckung mit einer reinigenden Oberbodenschicht (biologisch aktiv), bzw. durch die Filterwirkung des Grundwasserleiters selbst.
- Karstgrundwasserleiter: Durch die oft mangelnde Überdeckung mit einer belebten Oberbodenschicht können hier sehr leicht mikrobiologische bzw. andere Schadstoffe in den Grundwasserleiter gelangen. Weiters kommt es aufgrund der hohen Fließgeschwindigkeiten kaum zu einer reinigenden Wirkung. Diese Wässer sind deswegen stärker von mikrobiologischen Verunreinigungen betroffen.
- Klufftgrundwasserleiter: Bei diesen Grundwasserkörpern ist die Reinigungswirkung sehr stark vom Zerklüftungsgrad des Gesteines abhängig. Je feiner die Klüftung, umso langsamer die Fließgeschwindigkeit und desto besser die Reinigungswirkung.

Durch die Trockenperiode im Jahr 2003 veranlasst, wurden von den einzelnen Bundesländern die Auswirkungen des Jahrhundertsommers 2003 auf die Trinkwasserqualität untersucht.

Die vorhandenen Ergebnisse lassen dabei keine eindeutige Aussage zu, ob die Trockenheit eine Verschlechterung der Qualität im Gewinnungsgebiet verursacht.

Zum einen führt ein Ausbleiben von Niederschlägen - vor allem bei seichten Quellen oder Grundwasserkörpern mit geringer Überdeckung - zu keiner Verunreinigung durch Trübung bzw. mikrobiologischer Art. Zum anderen sind aber die negativen Auswirkungen der Trockenheit auf die Quantität sehr viel gravierender.

Durch das Austrocknen der obersten belebten Bodenschicht, kommt es zu einer Störung der Bodenstruktur (Rissbildung). Diese Rissbildung ist die Hauptursache dafür, dass bei Niederschlägen (müssen nicht einmal Starkniederschläge sein) Verunreinigungen in die Quelle bzw. in das Grundwasser gelangen. Die Filterwirkung der belebten Oberbodenschicht bleibt aus, und so können ungehindert potentiell gefährliche Mikroorganismen bei Niederschlagsereignissen ins Wasser gelangen.

Weiters können durch die Herbstdüngung ebenfalls leichter Oberflächenkeime bzw. fäkale Keime ins Grundwasser gelangen (Freundl 2004).

In der Schweiz konnte weiters ein Anstieg der Nitratkonzentration beobachtet werden. Der Grund dafür liegt im Ausbleiben der Niederschläge in der laufenden Vegetationsperiode, was zu einer Speicherung des Nitrats bzw. leicht mobilisierbarerem organischen Stickstoff im Wurzelraum geführt hat (Buwal 2004, S.104).

Erschwerend kam dann auch noch dazu, dass der Gülleaustrag erst im Oktober stattfand. Der milde Spätherbst führte dann zu einer Mineralisierung des Stickstoffs zu Nitrat. Dieses Nitrat wurde von den Pflanzen nicht mehr aufgenommen und führte zu einer zusätzlichen Anreicherung im Boden.

Mit dem Einsetzen der Herbstniederschläge wurden diese im Oberboden gespeicherten Stickstoffvorräte im Boden mobilisiert. Vor allem bei flachgründigen sandigen Böden (niedriger pF-Wert) wurde der schnelle Transport des Nitrats ins Grundwasser weiters begünstigt.

#### A4-3.2.2.2 Versorgungsgebiet

Die negativen Auswirkungen der Trinkwasserqualität beim Endverbraucher (Zapfhahn), sind durch den erhöhten Wasserverbrauch in Hitzeperioden weitgehend abgemildert. Der erhöhte Wasserdurchsatz durch den stärkeren Verbrauch führt zu kürzeren Verweilzeiten des Wassers im Leitungsnetz, weshalb auch die Vermehrung allfälliger Keime reduziert wird (Buwal 2004, S.104). Allerdings können vermehrt Probleme in gering durchflossenen Stichelungsabschnitten bei entsprechend erhöhten Bodentemperaturen auftreten.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die Auswirkungen auf die Qualität des Trinkwassers sowohl positiv als auch negativ sein können. Positiv durch das Ausbleiben des Niederschlages und einen damit einhergehenden Ausbleiben der Trübung. Negative Auswirkungen durch die Störung in der Bodenstruktur durchs Austrocknen und einem leichter möglichen Einschwemmen von u.U. potentiell gefährlichen Mikroorganismen. Die meisten negativen Auswirkungen werden durch die Mikrobiologie hervorgerufen. Die potentielle Beeinträchtigung hängt sehr stark von der Art des Grundwasserkörpers ab (Poren-, Karst-, oder Klufftgrundwasserleiter) bzw. von der Überdeckung des Grundwasserleiters.

Grundsätzlich lässt sich aber sagen, dass die Trockenheit eher ein Quantitäts- als ein Qualitätsproblem ist.

### A4-3.2.3 *Quantität des Trinkwassers*

#### A4-3.2.3.1 *Gewinnungsgebiet*

Es wird eine Unterscheidung in Gewinnung durch Quellen bzw. Brunnen aus dem Grundwasserkörper vorgenommen. Die Versorgung durch Quellen erfolgt hauptsächlich aus Karst und Klufftgrundwasserkörpern, wohingegen die Versorgung durch Brunnen zumeist aus Porengrundwasserleitern erfolgt. In Tab. 3-1 sieht man die entsprechende Entnahme aus dem jeweiligen Grundwasserkörper.

Auf Porengrundwasserkörper bzw. vorwiegend Porengrundwasserkörper entfallen ca. 22.000 km<sup>2</sup> der Fläche der Grundwasserkörper. Das entspricht ca. 26,7% der Gesamtfläche Österreichs. Für die öffentliche Wasserversorgung werden aus diesen Grundwasserkörpern 259,26 Mio. m<sup>3</sup>/a entnommen (81,5% der Gesamtentnahme).

Die vorwiegend Klufftgrundwasserleiter nehmen mit 41.648 km<sup>2</sup> (entspricht 49,8% der Gesamtfläche) die größte Ausdehnung an. Für die Trinkwasserversorgung werden aus diesem Grundwasserkörper 38,68 Mio. m<sup>3</sup>/a entnommen (entspricht 12,2% der Entnahme für Trinkwasser).

Die Ausdehnung der vorwiegend Karstgrundwasserleitern beträgt 19.717 km<sup>2</sup> (6,3% der Fläche) Aus diesen werden pro Jahr 19,9 Mio. m<sup>3</sup> entnommen (6,3%).

Aus dieser Zusammenstellung sieht man sehr gut, dass der größte Teil, nämlich 81,5% der Trinkwasserversorgung aus Porengrundwasserkörpern erfolgt. Diese Versorgung erfolgt hauptsächlich durch Brunnen.

Die Trinkwasserversorgung aus Karst- und Klufftgrundwasserleitern erfolgt fast zur Gänze aus Quellen.

	Fläche [km <sup>2</sup> ]	öffWV [Mio m <sup>3</sup> /a]	InduGewe [Mio m <sup>3</sup> /a]	Landw [Mio m <sup>3</sup> /a]	Gesamt [Mio m <sup>3</sup> /a]
PGWL	9717	219,11	107,49	52,38	378,92
vPGWL	12624	40,16	16,52	16,67	73,38
vKLGWL	41648	38,68	17,25	13,17	69,08
vKAGWL	19717	19,9	9,79	0,74	30,02
Gesamtsumme	83706	317,85	151,05	82,96	551,4

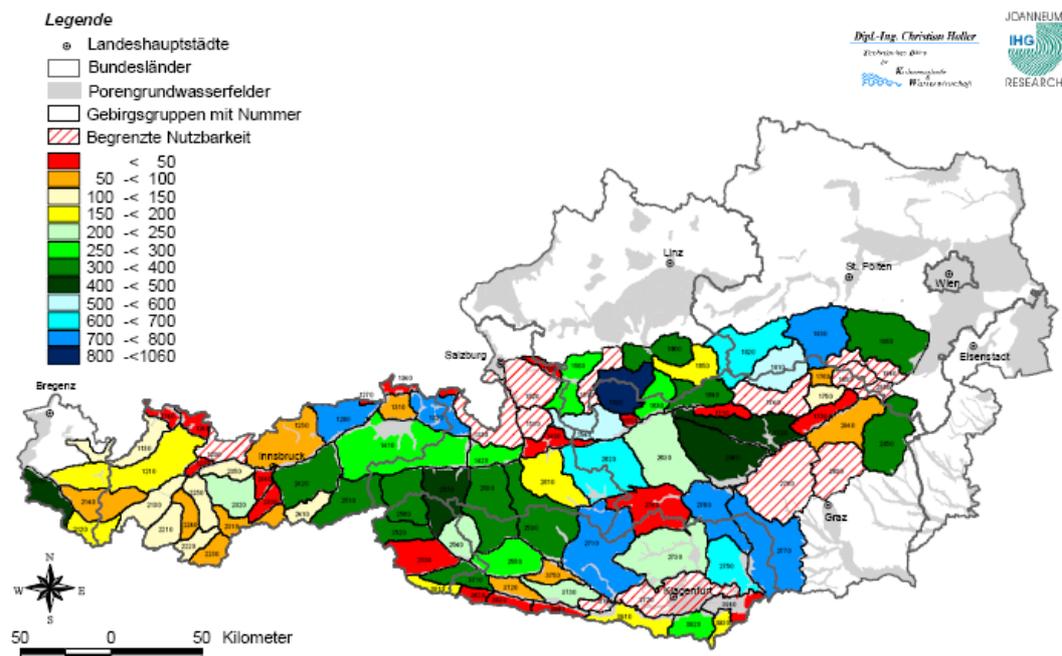
**ab. 3-1 Aufteilung der Grundwasserkörper in Österreich**

Da sich die Witterungsverhältnisse sehr stark auf die Ergiebigkeit von Karstquellen auswirken, war der Sommer 2003 sehr stark spürbar für diese Art der Quellen. Vor allem bei oberflächennahen Karstquellen kam es zu einer starken Einschränkung der Ergiebigkeit. Dies betrifft in Österreich vor allem die nördlichen und südlichen Kalkalpen.

Grundwasservorkommen im geklüfteten Gestein (Mergel, Kristallin der Alpen) sind wechselnd bis gering ergiebig und meist durch kleinere Quelfassungen erschlossen. Diese Quelfassungen reagieren ähnlich wie im Karstbereich, so dass oberflächennahe Fassungen sehr stark auf Trockenheit reagieren und somit für die Trinkwasserversorgung nicht mehr nutzbar sind.

In Abb. A4-23: sind die zukünftig nutzbaren Quellwasserreserven des alpinen Raums in Österreich dargestellt. Diese Wasserreserven sind allerdings nur dann nutzbar, wenn eine entsprechende Vernetzung der ergiebigeren Gebiete mit solchen geringerer Ergiebigkeit erfolgt.

Das gesamte zukünftig nutzbare Quellwasserdargebot (nach Abzug der vorhandenen Nutzung) liegt im alpinen Anteil in einem Trockenjahr immer noch bei rund 20,5 m<sup>3</sup>/s.



**Abb. A4-23:** Nachhaltig nutzbares Quellwasserdargebot (l/s, zukünftiger Wasserverbrauch abgezogen) in den Gebirgsgruppen in einem extremen Trockenjahr. Nicht inkludiert sind die Porengrundwasserreserven in den Tallandschaften (Harum 2001, S.58)

Die großen Porengrundwasserleiter in Österreich reagierten sehr unterschiedlich auf die Trockenheit des Jahres 2003. Bei den Grundwasserkörpern, die mit Flüssen eines nivoglazialen Abflussregimes in Kontakt stehen (z.B. Isel, Drau, Inn) waren die Auswirkungen des Trockenjahres 2003 nicht so dramatisch. Aus dem einfachen Grund, weil durch die erhöhten Temperaturen diese Flüsse durch Schnee- und Gletscherschmelzwasser gespeist wurden. Erst in den Monaten August, September waren die Auswirkungen stärker spürbar, weil die Gletscher- bzw. Schneeschmelze ausblieben.

Solche Flüsse, die im Mittelland liegen und die kein bzw. lediglich ein schwach vergletschertes Einzugsgebiet aufweisen, waren die Auswirkungen auf den Grundwasserstand im Laufe des Sommers 2003 schon wesentlich stärker ausgeprägt. Hauptsächlich davon betroffen waren nivale Einzugsgebiete (Helvetikum, Kalkalpen, usw.).

Auch das Burgenland war von den Auswirkungen des Rekordsommers 2003 betroffen. Hier vor allem die vielen Klein- und Kleinstgenossenschaften, die lediglich über einzelne Quellen bzw. oberflächennahe Brunnen verfügen. Weiters kam es bei größeren Versorgungseinheiten die vorwiegend mit Quellwasser versorgt werden zu Engpässen. (vgl. Bogner 2004, S.14).

Betrachtet man zukünftige Klimaszenarien so gibt sich folgendes Bild bei den Auswirkungen auf das Grundwasser bei einer Häufung von Hitzesommern (Kozel 2005, S.22).

- Verstärkte Grundwasserneubildung im Winter infolge vermehrten Niederschlags in Form von Regen
- Geringere Grundwasseranreicherung im Frühling/Sommer infolge schwächerer Schneeschmelze
- Geringere Grundwasseranreicherung im Sommer und Herbst infolge zunehmender Trockenperioden
- Zunehmende Grundwassernutzung im Sommer (Haushalte, Industrie, Landwirtschaft)
- Drastischer Rückgang bei Quellschüttungen bei oberflächennahen Quellen mit kleinen Einzugsgebiet (können im Sommer oder Herbst versiegen)
- Starke Auswirkungen auf Grundwasservorkommen in Talschottern im nivalen Regime (markant sinkende Grundwasserstände im Sommer und Herbst)
- Vorerst schwache Auswirkungen auf Grundwasservorkommen in Talschottern mit glazial, glazial- nivalen Regime (leicht sinkende Grundwasserstände)
- Rückgang der Grundwasserstände in tiefen Grundwasserleitern

Ein Großteil der Trinkwasserversorgung in Österreich erfolgt aus Porengrundwasserkörpern (81,5%), gefolgt von Kluftgrundwasserleitern (12,2%) bzw. Karstgrundwasserkörpern (6,3%). Die Gewinnung aus den Porengrundwasserkörpern erfolgt fast zur Gänze aus Brunnen, bei den Karst- und Kluftgrundwasserleitern aus Quellen.

Karstquellen reagieren sehr stark auf Witterungsverhältnisse. Deswegen waren auch die Auswirkungen des Sommers 2003 sehr stark spürbar (vor allem bei oberflächennahen Karstquellen).

Kluftquellen sind wechselnd bis gering ergiebig, und meist durch kleinere Quelfassungen erschlossen. Hier war ebenfalls eine starke Abhängigkeit bei Oberflächennahen Quellen spürbar.

Porengrundwasserkörper reagieren sehr unterschiedlich auf Trockenheit. Da diese Grundwasserkörper sehr oft mit den Vorflutern in Verbindung stehen hängen die Auswirkungen stark vom Abflussregime des Vorfluters ab.

#### **A4-3.3 Anthropogene Eingriffe im unmittelbaren Quelleinzugsbereich**

Die Auswirkungen auf den unmittelbaren Einzugsbereich bei Quellen sind hauptsächlich auf Abholzungen zurückzuführen. Dadurch wird bei Starkniederschlägen die Erosion extrem begünstigt. Weiters wird durch das Fehlen eines schützenden Blätterdaches die Erosionswirkung der Wassertropfen nicht gedämpft, weil der Niederschlag ungebremst auf den Boden gelangen kann.

Dies kann im Extremfall Murenabgänge auslösen, die nicht nur negative Auswirkungen auf das Trinkwasser haben, sondern auch größere Gebiete zerstören können.

Abgesehen von den erosiven Auswirkungen, wird auch die Wasserqualität durch Trübung verschlechtert. Dies hat wiederum zur Folge, dass in einer ohnehin schon angespannten Versorgungssituation in Trockenzeiten, die Quelle ausgeleitet werden muss, weil die Trü-

bung zu hoch ist. Die UV-Desinfektionsanlagen arbeiten auch nur bis zu einer gewissen Trübung und werden bei Überschreitung automatisch abgeschaltet.

Der Wald fungiert außerdem als großer Wasserspeicher, und sollte alleine schon deswegen so nachhaltig wie möglich genutzt werden.

Deswegen ist es für die Wasserversorgung sehr wichtig den Wald als Wasserspeicher, und gleichzeitigem Schutz gegen Erosionswirkung zu erhalten.

#### **A4-3.4 Schadenssummen**

Da in der heutigen Zeit Geld einen wichtigen Stellenwert hat, werden in der Studie auch die monetären Schäden ausgewertet, die durch solche Extremereignisse hervorgerufen werden. Die Wasserversorgung in Österreich ist zu einem Großteil im Besitz der öffentlichen Hand, deswegen ist es wichtig die Schäden, die am Volksvermögen aufgetreten sind, zu beziffern, um eventuell notwendige Maßnahmen einer Kosten-Nutzen Rechnung zu unterziehen.

##### **A4-3.4.1 Hochwasser**

Eine Auswertung der weltweiten Naturkatastrophen von 1976 – 2002 mit einem Schadensausmaß größer 1 Mrd. US Dollar (nicht inflationsbereinigt) schlägt alleine für die Hochwasserschäden mit der unvorstellbare Summe von 270 Mrd. US \$ zu Buche. Das entspricht ca. dem BIP Österreichs aus dem Jahr 2005 (267,6 Mrd. US \$). (Münchener Rückversicherung, Deutsches Komitee für Katastrophenvorsorge 2002)

Beim Hochwasser treten die Schäden im Gegensatz zur Dürre hauptsächlich an den technischen Anlagen auf (Leitungen, Brunnen, usw.).

Für die Auswertung der Schadenssummen wurden folgende Hochwässer (2002, 2005) herangezogen. Beim Auguthochwasser 2002 in Österreich wurde in der Siedlungswasserwirtschaft eine Schadenssumme von 41 Mio. € hervorgerufen. Davon entfielen ca. 25 % auf die Wasserversorgung ca. 10 Mio. € (Stalzer 2003).

Im Jahr 2005 kam es in Vorarlberg ebenfalls zu immensen Hochwasserschäden. Insgesamt beliefen sich die Schäden auf 178,2 Mio. €. Auf die Trinkwasserversorgung entfielen dabei 2,7 Mio. €.

Dasselbe Hochwasserereignis richtete im Osten bzw. Südosten Deutschlands (Raum Sachsen) ein Schaden von 58,5 Mio. € an.

Dabei könnte man durch geschickte planerische bzw. betriebliche Maßnahmen die Schadenssummen weitaus minimieren. Auch durch gezielte Förderungsmaßnahmen kann der Schutz gegen das Hochwasser erhöht bzw. die Schadenssummen minimiert werden. Diese Maßnahmen sollen in den weiteren Punkten beschrieben werden.

##### **A4-3.4.2 Dürre**

Eine Auswertung der weltweiten Naturkatastrophen von 1976 – 2002 mit einem Schadensausmaß größer 1 Mrd. US Dollar (nicht inflationsbereinigt) ergab, dass hier insgesamt Schäden in einem Ausmaß von 4,5 Mrd. US \$ entstanden sind (Münchener Rückversicherung, Deutsches Komitee für Katastrophenvorsorge 2002). Im Jahr 2003 hat die extreme Trockenheit alleine in Deutschland einen volkswirtschaftlichen Schaden von ca. 1,2 Mrd. € hervorgerufen (Eisenreich 2005).

Bei der Dürre sind meistens keine technischen Anlagenteile betroffen. Die negativen Auswirkungen beziehen sich hauptsächlich auf den Grundwasserkörper (austrocknen von Quellen, sinkender Grundwasserstand usw.). Deswegen sind die Schäden hier eher indirekte Schä-

den aufgrund der Wasserknappheit (Ernteauffälle in der Landwirtschaft, Produktionsausfälle in der Industrie usw.)

Für das Trockenjahr 2003 gibt es für die Wasserversorgung keine verlässlichen Aufzeichnungen über Schadenssummen.

Auch hier kann man durch gezielte Maßnahmen (Vernetzung, Wassersparen, sicheres zweites Standbein) das Schadensausmaß minimieren.

Die Auswertung von Schäden (> 1 Mrd. US\$) der weltweiten Naturkatastrophen von 1976-2002 ergab bei Hochwasserschäden eine Summe von 270 Mrd. US\$ bzw. 4,5 Mrd. US\$ im Bereich der Dürre. In Österreich liegen genauere Schätzungen nur für das Jahr 2002 (Hochwasserschäden 10 Mio. € für die Wasserversorgung) bzw. 2005 (Hochwasserschäden Vorarlberg 2,7 Mio€) vor.

Für die Trockenheit 2005 gibt es keine verlässliche Schätzung des Schadensausmaßes für die Wasserversorger in Österreich.

## A4-4 Maßnahmen zur Verhinderung der Versorgungsunterbrechung

Da man Trinkwasser aus verschiedenen Gründen nicht so wie z.B. elektrische Energie weitgehend über beliebig große Distanzen in ein Krisengebiet transportieren kann, und Trinkwasser - im Gegensatz zur elektrischen Energie - lebensnotwendig für uns Menschen ist, kommt einer Sicherstellung der Versorgung der Bevölkerung mit Trinkwasser (besonders in Krisenfällen) eine besondere Bedeutung zu. Aus diesem Grund ist es wichtig, Maßnahmen zu finden, die eine solche Versorgungsunterbrechung verhindern bzw. bei einer tatsächlich auftretenden Unterbrechung der Versorgung Strategien zu haben, die die negativen Auswirkungen auf ein Minimum beschränken.

Dem Schutz solcher kritischen Infrastrukturen (life line infrastructure) kommt dabei eine immer größere Bedeutung zu.

Im weiteren Bericht liegt der Schwerpunkt eher auf einer Schadensminderung von Hochwässern und Muren. Da bei einer Dürre keine technischen Einrichtungen zu Schaden kommen (siehe Punkt A4-3.4.2) bzw. die Maßnahmen mit denen die Auswirkungen der Dürre auf die Trinkwasserversorgung bekämpft werden, sehr oft mit den Anforderungen an die Hochwasserbekämpfung deckungsgleich (sichere Gewinnungsgebiete, Vernetzungsmaßnahmen usw.) sind, wird der Schwerpunkt auf das Extremereignis Hochwasser gelegt.

Dass die Trinkwasserversorgung in solchen Krisensituationen nicht in der gleichen Qualität und Menge erfolgen kann, muss klar sein. Einen sehr guten Hinweis über die Versorgung in Notfällen gibt die ÖVGW Richtlinie W 74. In dieser wird die Versorgung in solchen Krisen beschrieben. Diese Richtlinie geht dabei ähnlich wie die SVGW von Modellfällen aus, wovon es insgesamt vier gibt. Einen Überblick über diese 4 Modellfälle gibt Tabelle 4-1 Modellfälle von Notständen in der zentralen Wasserversorgung.

<b>Modellfälle von Notständen</b>	
<b>Modellfall 0</b>	<b>Wassermenge ausreichend, Wassergüte in Ordnung</b>
<b>Modellfall 1</b>	<b>Wassermenge ausreichend, keine Trinkwassereignung</b>
<b>Modellfall 2</b>	<b>Wassermenge eingeschränkt, Wassergüte in Ordnung</b>
<b>Modellfall 3</b>	<b>Kein Wasser verfügbar</b>

Tabelle 4-1 Modellfälle von Notständen in der zentralen Wasserversorgung (ÖVGW W 74)

### A4-4.1 Störfallvorsorge

Der Eintritt bzw. Ablauf solcher „Störfälle“ lässt sich sehr schwer exakt voraussagen. Aber um trotzdem gerüstet zu sein, können durch geeignete Maßnahmen im Vorfeld solche Notfallsituationen (die aus Extremereignissen resultieren) durch organisatorische bzw. technische Maßnahmen eliminiert werden. Dies gilt nicht nur für das Versorgungsunternehmen selbst, sondern auch für die öffentliche Hand deren Einsatz besonders bei Krisenfällen gefordert ist.

Die Schäden aus den letzten Hochwasserereignissen, die bei den Wasserversorgungsunternehmen aufgetreten sind, wurden ähnlich wie beim WSP (Wassersicherheitsplan, Water Safety Plan) ausgewertet und auf ihre Vermeidbarkeit hin beurteilt. Die Schadensklassifikation reicht von 1 bis 3, wobei der Wert 1 einen leichten Schaden, - der Wert 3 einen schweren Schaden kennzeichnet. Bei der Vermeidbarkeit gehen die Werte ebenfalls von 1 bis 3. Der Wert 1 kennzeichnet Schäden, die in der Planung bzw. durch organisatorische Maßnahmen relativ leicht vermeidbar wären, wohingegen der Wert 3 von einer Unvermeidbarkeit in der Planung als auch in der Organisation ausgeht.

In der Spalte „Auswirkungen des Schadens auf den Kunden“ gehen die Werte von 1 bis 10. Wobei 1 bedeutet, dass der Schaden keine Auswirkung auf den Kunden hat und 10 äußerst gefährlich für den Kunden ist.

Die Risikoprioritätanzahl RPZ ist das Produkt aus Auswirkungen des Schadens auf den Kunden und der Schadensklassifikation. Die Werte reichen von 1 bis maximal 30.

- RPZ ≤ 6 keine Aktion notwendig
- RPZ 6 -18 Maßnahmen notwendig
- RPZ ≥ 18 unakzeptabel, sofortiger Abbruch

Aus Tabelle 4-2 Schadensauswertung lassen sich deswegen sehr gute Rückschlüsse ziehen, wo und wie man solche Schäden am effizientesten vermeiden kann. Weiters kann Tabelle 4-2 Schadensauswertung als Hilfe für eine Prioritätenreihung dienen. Je größer die Risikoprioritätanzahl ist, desto notwendiger sind die zu setzenden Maßnahmen.

Bei der Planung kann unter anderem auf verschiedene Hochwasserkarten (z.B. Hochwasserrisikoatlas-HORA) zurückgegriffen werden. Die einzelnen Gewinnungsgebiete sollten dabei z.B. außerhalb der HQ 200 Linie liegen. Weiters können bei der wasserrechtlichen Bewilligung für neue Wasserversorgungsanlagen seitens der Behörde verschiedene Maßnahmen gefordert werden (Notstromaggregate, Sandsäcke, usw.).

lfd. Nummer	Technische Anlagen inklusive Gewinnungsgebiet Schadensbeschreibung	Schadensklassifikation [1 bis 3]		Vermeidbarkeit im Betrieb [1 bis 3]	Auswirkung des Schadens auf den Kunden [1bis 10]	Risikoprioritätanzahl [1 bis 30]
<b>1 Gewinnungsgebiet</b>						
1.1	Überstauung der Gewinnungszone	2	1	3	6	12
1.2	Vermehrtes Eindringen von Uferfiltrat	2	2	3	4	8
1.3	Undichte Hausbrunnen	2	2	3	6	12
<b>2 Brunnen</b>						
2.1	massiver Schlammanfall	3	1	3	7	21
2.2	Verkeimung	3	1	3	8	24
2.3	Öleintritt	3	1	3	9	27
<b>3 Quellen</b>						
3.1	Trübungen	2	3	1	3	6
3.2	Eindringen von kontaminiertem Wasser	2	3	1	5	10
<b>4 Netze</b>						
4.1	Freispülung erdverlegter Leitungen	1-2	3	3	6	12
4.2	Freispülung von Düken	1-2	3	3	6	12
4.3	Abriss von Rohrbrücken	2	1	3	6	12
4.4	Schieber im überfluteten Bereich	2	2	2	4	8
4.5	Schieber Zerstörung durch Druckstöße	2	3	1	7	14
4.6	Wassereintritt in Verteilungs- und Transportnetze	3	3	3	7	21
4.7	durch Zerstörung von Straßen und Ufern im Überflutungsbereich	3	2	3	6	18
<b>5 Wasseraufbereitung</b>						
5.1	Ausfall der UV- Anlage	3	2	2	9	27
5.2	Aufschwimmen von Behältern	3	1	2	6	18
<b>6 Behälter</b>						
6.1	Wassereintritt bei Undichtigkeiten	2	1	3	4	8
6.2	Kontaminiertes Wasser aus Brunnen oder Quellen	2	3	2	5	10
<b>7 Elektrische Ausrüstung (Mess- Steuer- und Regeltechnik)</b>						
7.1	Überflutung der EMSR Anlagen	3	2	2	6	18
7.2	Ausfall elektrisch gesteuerter Armaturen	3	2	2-3	5	15
7.3	Ausfall von Brunnenfassungen	2	2	2-3	5	10
7.4	Großräumige Abschaltung der Energieversorgung	3	2	3	6	18

**Tabelle 4-2 Schadensauswertung**

Damit solche organisatorischen bzw. technischen Maßnahmen, die zur Aufrechterhaltung der Trinkwasserversorgung dienen, durchgeführt werden können, sollte zuerst eine gründliche Risikoanalyse des Gesamtsystems erfolgen.

#### **A4-4.1.1 Organisatorische Maßnahmen**

Einen Hinweis für das Ziel solcher Maßnahmen ist die Schaffung der organisatorischen Voraussetzung zur Beherrschung von Notstandsfällen. Zu solchen organisatorischen Maßnahmen zählen laut DVGW W 1050 folgende Maßnahmen.

- Kontrollen
- Aufbau und Ablauforganisationen
- Bereitschafts- und Endstörungsdienst
- Einsatzpläne
- Benachrichtigungspläne
- Überprüfung des Sicherheitsmanagements
- Bereitstellung von Betriebsmitteln
- Einbindung in das Katastrophenmanagement der Länder

Bei den organisatorischen Maßnahmen ist es wichtig, dass sie von Zeit zu Zeit geübt und überarbeitet werden, denn in der Krise bleibt oft keine Zeit, sich geeignete Maßnahmen zu überlegen. Vor allem dann nicht, wenn die Vorwarnzeit sehr kurz ist. Die planerischen Maßnahmen zählen ebenfalls zu den organisatorischen Maßnahmen die im Rahmen der Störfallvorsorge getroffen werden können.

Grundsätzlich können durch eine ordentliche Planung bzw. einer nachfolgenden wasserrechtliche Bewilligung viele Fehlerquellen eliminiert werden.

Weiters könnte die Wasserrechtsbehörde für neu zu bewilligende Anlagen die sich in überflutungsgefährdeten Gebieten befinden, eine Prüfung einer ausreichenden Hochwassersicherheit fordern (z.B. HQ 200 inklusive ausreichendem Freibord, usw.) Für diese Analyse könnte auch das HORA Projekt (arbeitet mit Jährlichkeiten von 30, 100, 200) herangezogen werden.

Bei Versorgungsanlagen, die sich trotzdem im Hochwasserbereich befinden, könnte im Rahmen der § 134 WRG Überprüfung eine Bevorratung von Betriebsmitteln (Sandsäcke, mobiles Notstromaggregat, Notchlorung usw.) zum autarken Betrieb vorgeschrieben werden. In diesem § 134 wird auch eine Systemskizze der gesamten Wasserversorgungsanlage gefordert. Wünschenswert wäre allerdings ein Leitungskataster, der auch alle anderen Bauteile, bzw. Gewinnungsgebiete inklusive Höhenangaben beinhaltet. Diese planliche Gesamtdarstellung ist bei der Planung einer Notversorgung bzw. einer Einsatzplanung unbedingt erforderlich.

Diese umfassenden organisatorischen Vorsorgemaßnahmen liegen erst für relativ wenige Wasserversorger vor (EVN-Wasser, Klagenfurter Stadtwerke, Salzburger Stadtwerke, MA 31, Wasserwerk Villach, usw.). Im Rahmen der Umsetzung der Wassersicherheitsplanung könnte eine wesentlich breitere Umsetzung dieser notfallorientierten Maßnahmen erfolgen.

Einige Bundesländer wie z.B. Kärnten, Vorarlberg, Steiermark, Niederösterreich, die ein „Wasserversorgungskonzept“ erarbeitet haben bzw. gerade erarbeiten, können sinnvolle Rahmenbedingungen für die lokale Planung der Wasserversorger bereitstellen. In diesen Konzepten wurden - auf Basis einer Bestandserhebung bzw. einer Analyse des zukünftigen Bedarfs und Dargebotes - die Schwachstellen der einzelnen Wasserversorger herausgearbeitet (keine Vernetzung, zweites Standbein, usw.). Von großer Wichtigkeit bei der Erhebung des zukünftigen Dargebotes sind allerdings auch die Klimaentwicklung und deren Auswirkungen auf das Versorgungsgebiet.

Diese Versorgungskonzepte sind auch für die Förderstellen (Kommunalkredit Public Consulting-KPC bzw. Landesförderstellen) eine große Hilfe für die Beurteilung der Förderung von solchen Maßnahmen zur Aufrechterhaltung der Versorgungssicherheit. Denn jene Wasserversorger, die laut diesen Studien Schwachstellen aufweisen, müssen dies nicht selbst durch aufwendige Variantenuntersuchungen nachweisen, sondern haben eine ausgezeichnete Argumentationsgrundlage, um Maßnahmen für die Aufrechterhaltung der Versorgungssicherheit (v.a. zweites sicheres Standbein, Vernetzung) gefördert zu bekommen.

#### **A4-4.1.2 Technische Maßnahmen**

Zur Realisierung von umfassenden Vorsorgemaßnahmen im Bereich der Trinkwasserversorgung ist die Einbeziehung der Wasserversorger z.B. in die Planung von zukünftigen Hochwasserschutzprojekten sinnvoll. In diesem Fall kann die Umsetzung des aktiven (Verbauungsmaßnahmen) oder passiven Hochwasserschutzes (raumplanerischen Maßnahmen) auch vermehrt Bezug auf die gefährdeten Wasserversorger nehmen.

Seitens der Wasserversorger sollten alle technischen Maßnahmen ergriffen werden, die eine Gefährdung der Anlagen und des Trinkwassers soweit wie möglich ausschließen (DVGW TRL W 1050).

Die Wasserversorgungsanlagen sollten mit Hilfe eines geordneten - der Größe, Komplexität und Wichtigkeit des Versorgers angepassten – Qualitätsmanagements betrieben werden, das von der Gewinnungsstelle (Brunnen, Quelfassung) bis hin zum Endverbraucher (Zapfhahn) reicht. Die technischen Maßnahmen sollen einen ebenso umfassenden Bezug aufweisen und nicht nur die unter A4-3.1.2 beschriebenen technischen Anlagenteile einer Wasserversorgung beschränkt werden.

Die naturgemäß „einfachste“ Art solche Überflutungsschäden zu vermeiden ist es, Bauteile oder Gewinnungsgebiete aus dem gefährdeten Gebiet zu verlagern (sicherer Standort, oder Bauteile im hochwasserfreien Bereich).

Weitere Maßnahmen können sein:

- Mehrere voneinander unabhängige Versorgungsstandbeine
- Aufgliederung des Rohrnetzes (Abschieberung)
- Vernetzung mit anderen Wasserversorgern
- Sicherstellung einer autarken Energieversorgung
- Laufende Güteüberwachung (online wäre wünschenswert)
- Desinfektionsmaßnahmen (Notchlorung, usw.)
- Geschickte Leitungslegung (z.B. Düker anstelle von Brückenaufhängungen)
- Bevorratung von Sandsäcken und Füllmaterial zum Dammbau

Bei diesen beschriebenen Maßnahmen spielt die Kosten-Nutzen Analyse eine wichtige Rolle. Deswegen sollten solche Maßnahmen eigentlich immer verhältnismäßig im Sinne des WRG § 12a Abs. 1 sein.

Entscheidend für eine Verhinderung der Versorgungsunterbrechung ist eine gute Störfallvorsorge.

Die Störfallvorsorge enthält organisatorische bzw. technische Maßnahmen. Organisatorische Maßnahmen dienen der Schaffung von organisatorischen Voraussetzungen zur Beherrschung von Notfällen. Technische Maßnahmen sollten alle Dinge beinhalten, die notwendig sind um Anlagen vor einer Gefährdung zu schützen.

Diese technischen bzw. organisatorischen Maßnahmen sollten die gesamte Versorgungskette (Gewinnung bis Endverbraucher) abdecken.

#### **A4-4.2 Vorsorgemaßnahmen bei drohender Gefahr**

Bei vielen Naturereignissen gibt es eine ausreichende Vorwarnzeiten (Dürre, Hochwasser durch lang anhaltenden Niederschlag, usw.), dementsprechend rechtzeitig kann darauf reagiert werden.

Sollte es sich allerdings um Starkniederschläge in einem kleineren Einzugsgebiet handeln, ist die Vorwarnzeit natürlich extrem kurz. Deswegen spielen in der Katastrophenvorsorge effiziente Frühwarnsysteme eine große Rolle. Diese Frühwarnsysteme setzen sich aus drei Elementen zusammen (ISDR 2002).

- Prognose und Vorhersage eines bevorstehenden Ereignisses.
- Aufbereitung und Verbreitung der Warnmeldung für die Behörden und die Bevölkerung
- Ergreifen einer angemessenen Maßnahme entsprechend der Warnung.

Damit die Wasserversorger rechtzeitig entsprechende Vorsorgemaßnahmen setzen können, wäre es wünschenswert, sie in das Ablaufschema der Krisenstäbe einzubinden.

Die meisten Maßnahmen sind entweder schon in den Punkten A4-4.1.1 bzw. A4-4.1.2 beschrieben. Zusätzlich zu den bereits beschriebenen Maßnahmen können seitens der Versorgungsunternehmen folgende Maßnahmen getroffen werden:

- Bevorratung in den Hoch- oder Tiefbehältern
- Bevölkerung über eventuelle Beeinträchtigungen informieren (abkochen von Wasser usw.)
- Bereitstellung einer Notversorgung
- Mobile Desinfektionsmöglichkeiten
- Schützen von betroffenen Anlagenteilen (Sandsäcke, mobile Hochwasserschutzwände usw.)
- Netzdruck einstellen
- Verstärkte Qualitätskontrollen (hauptsächlich mikrobiologische Kontrollen)

Diese Vorsorgemaßnahmen bei drohender Gefahr sind sowohl organisatorische Tätigkeiten, aber auch technische Maßnahmen, die entsprechend der Vorwarnzeit vorab getroffen werden bzw. durchgeführt werden können.

#### **A4-4.3 Krisen- und Katastrophenmanagement im Ernstfall**

Eine Krise ist eine durch ein Ereignis (z.B. Hochwasser, Dürre) oder durch eine Serie von Ereignissen bedingte Unterbrechung/Störung des normalen Geschäftslebens (z.B. Ausfall der Versorgung). Nehmen diese Entwicklungen einen negativen Verlauf so kann sich aus der Krise eine Katastrophe entwickeln.

Katastrophen werden ebenfalls durch Ereignisse (plötzliche Hochwässer) oder sich länger abzeichnende Ereignisse (z.B. Dürre) hervorgerufen. Diese führen zu einer Unterbrechung der Funktionsfähigkeit einer Gemeinschaft, verursacht durch Verluste an Menschenleben und/oder Vermögenswerten und/oder Infrastruktur einschließlich essentieller Dienstleistungen. Diese kann die betroffene Gemeinschaft, trotz koordinierter Ausnutzung aller lokal und regional verfügbaren Ressourcen, aus eigener Kraft nicht mehr bewältigen kann (ONR 192320, 2006)

Deswegen ist es von entscheidender Wichtigkeit, durch Vorsorgemaßnahmen bzw. durch ein entsprechendes Krisenmanagement die Situation nicht soweit entgleisen zu lassen, dass sich daraus eine veritable Katastrophe entwickeln kann.

In Österreich ist der Katastrophenschutz eine rechtliche Querschnittsmaterie, weil die Zuständigkeiten zur Bewältigung von Gefahren auf verschiedene Behörden aufgeteilt sind.

So sind zum Beispiel das WRG, das Lebensmittelgesetz und die Trinkwasserverordnung Bundeszuständigkeiten. Hingegen fallen in den Bereich der Länder, die Einsatzvorsorge, Warnung vor und Abwehr von Naturkatastrophen, bzw. Katastrophenhilfe oder Hilfsdienstgesetze.

Es gibt auch verschiedene Normen oder Richtlinien die dem Wasserversorger als konkrete Hilfsgrundlagen dienen:

- ÖVGW Richtlinie W 74 (Trinkwassernotversorgung)
- ÖNORM 192320 (Krisen und Katastrophenmanagement- integrierte Einsatzführung unter besonderer Berücksichtigung unterschiedlicher Managementverfahren)
- DVGW Hinweis W 1050 (Vorsorgeplanung für Notstandsfälle in der öffentlichen Trinkwasserversorgung)
- DVGW Arbeitsblatt GW 1200 (Grundsätze und Organisation des Bereitschaftsdienstes für Gas- und Wasserversorgungsunternehmen)
- DVGW Hinweis W 1020 (Empfehlungen und Hinweise für den Fall von Grenzwertüberschreitungen und anderen Abweichungen von Anforderungen der Trinkwasserverordnung)
- SVGW W 300d (Wegleitung für die Planung und Realisierung der Trinkwasserversorgung in Notlagen)
- Richtlinien zur Umsetzung eines Wassersicherheitsplanes: WHO-Guidelines for Drinking Water Quality; SVGW W 1002; ÖVGW W88, in Ausarbeitung

Das Krisen und Katastrophenmanagement kommt dann zum Tragen, wenn die Vorsorgemaßnahmen nicht mehr ausreichen und sich die Intensität der Krise erhöht.

In den nächsten Punkten sollen mögliche Szenarien für die mögliche Krisen- bzw. Katastrophenbewältigung aufgezeigt werden, die eine Sicherstellung von gesundheitlich weitgehend unbedenklichem Trinkwasser für die Bevölkerung gewährleisten.

#### **A4-4.3.1 Trinkwassernotversorgung**

Eine Notlage liegt vor, wenn die normale Versorgung mit Trinkwasser durch besondere Ereignisse (z.B. Naturereignisse, Störfälle, usw.) erheblich gefährdet, erheblich eingeschränkt bzw. unmöglich ist. Dies ist dann jener Zeitpunkt in dem die Trinkwassernotversorgung zum Greifen kommt. Für diesen Zeitraum gelten unter Umständen auch spezielle Grenzwerte laut Trinkwasserverordnung (BGBL Teil II, Nr.304/2001).

Die Grundlage für eine nachhaltige Trinkwassernotversorgung sind die in der ÖVGW W 74 beschriebenen Modellfälle (siehe Tabelle 4-1). Ausgehend von diesen 4 Modellfällen (reichen vom „Normalbetrieb“ bis zu „kein Wasser verfügbar“) wird die jeweilige Versorgungsart (Normale Versorgung – Versorgung mit Nutzwasser über das Rohrnetz) ermittelt. Um diese Versorgungsarten gewährleisten zu können, gibt es verschiedene Möglichkeiten.

- Zweites sicheres Standbein (soll Grundversorgung bei Ausfall des Hauptversorgungsgebiets sicherstellen)
- Vernetzung mit anderen Wasserversorgern (Aushilfe bei Engpässen)
- Trinkwasserpakete
- Versorgung aus Tankwägen
- Notwasserversorgung aus Notbrunnen

- Herstellen von Überbrückungsleitungen (z.B. durch die Feuerwehr) bei Ausfall von Teilen des Leitungsnetzes
- Heranziehen von andern möglichen Aufbereitungsanlagen (z.B. Industrie, Schwimmbäder usw.)

In Österreich wurde für einige Städte die Planung einer Trinkwassernotwasserversorgung nach ÖVGW W74 umgesetzt (z.B. Klagenfurt, Salzburg, Villach, Wien).

Für die Trinkwassernotversorgung gelten auch eigene Qualitätsstandards allerdings nicht in mikrobiologischer Sicht. Für die chemisch-physikalische Beurteilung sieht die Trinkwasserverordnung laut BGBl. Teil II, Nr. 304/2001 §8 vor, dass unter bestimmten Bedingungen Ausnahmen von den Parameterwerten gemacht werden können. Hier entscheiden dann die zuständigen Verwaltungsbehörden, ob im Einzelfall (weil ja von einer kurzen Einnahmezeit ausgegangen werden kann) eine Überschreitung der Parameter zulässig ist, und das Wasser für die Konsumenten freigegeben werden darf.

Die Erfahrungen von OÖ Wasser mit dem Einsatz einer Trinkwasserabpackmaschine bei der Hochwasserkatastrophe aus dem Jahr 2002 haben gezeigt, dass dies eine sehr gute Möglichkeit ist, zumindest die Trinkwasserversorgung der lokalen Bevölkerung aufrechtzuerhalten. Diese Trinkwasserabpackmaschinen sind zur Zeit lediglich bei einigen größeren Wasserversorgern vorhanden (z.B. Villach, Innsbruck, EVN-Wasser). Erstrebenswert wäre es, diese Maschinen in ausreichender Zahl flächendeckend im gesamten Bundesgebiet verfügbar zu halten. Der Betrieb der Abpackmaschinen erfordert jedenfalls eine eingebaute Betriebsmannschaft, so dass zum sinnvollen Einsatz im Notfall eine Maschine zusammen mit dem Betriebspersonal bereit gestellt werden sollte. So kann im Ernstfall aus einer sicheren Quelle sauberes und gesundheitlich unbedenkliches Trinkwasser produziert werden. Diese Vorsorgemaßnahme ist ein gutes Beispiel dafür, dass zu deren Umsetzung die Kooperation zwischen den Landesverwaltungen, - die für das Katastrophenmanagement zuständig sind - und den Wasserversorgern zielführend ist.

Bei vielen Klein und Kleinstwasserversorgern (inklusive Eigenwasserversorgung durch Hausbrunnen) sind Probleme aufgetreten, die auf die mangelnde Vorbereitung bzw. auf den mangelhaften technischen Zustand der Anlage zurückzuführen sind.

So wie es überall ein gewisses Restrisiko gibt, kann auch die Wasserversorgung, trotz einer umfassenden Vorbereitung auf Katastrophenereignisse, nicht immer zu 100 % aufrechterhalten werden. Im Hinblick auf die Glaubwürdigkeit und Handlungsfähigkeit im Krisenfall, ist es von enormer Wichtigkeit, dieses Restrisiko zu kommunizieren und ein Bewusstsein in der Bevölkerung dafür zu schaffen. Die Verantwortung jedes Einzelnen zur Vorbereitung auf Krisenfälle muss klar dargestellt werden. Mit der Einbindung der Wasserversorger in die Kommunikationskette sollte es kein Problem sein, die Bevölkerung auf den eventuellen Ausfall bzw. Teilausfall der Wasserversorgung vorzubereiten. Hier sollte die Bewusstseinsbildung beim Konsumenten so weit entwickelt sein, dass bei einer Notwasserversorgung z.B. durch Tankwägen oder durch Notbrunnen es sich um eine so genannte Holwasserversorgung handelt. Das heißt, der einzelne wird aufgerufen sich das sichere Trinkwasser von öffentlichen Plätzen zu holen, bis der Normalbetrieb wieder aufrecht ist.

Die ÖVGW RL W 74 bzw. der Wassersicherheitsplan sind sehr gute Instrumente für das Wasserversorgungsunternehmen um sich auf kritische Ereignisse vorzubereiten. Da - generell gesehen - die Wasserversorgung in Österreich ein sehr hohes Qualitätsniveau im Bereich des Normalbetriebes aufweist, wäre es wünschenswert, einen ähnlich hohen Standard im Bereich der Vorsorgeplanung für Katastrophenszenarien zu erreichen.

Für Maßnahmen der Trinkwassernotversorgung gibt es laut UFG BGBl. N. 185/1993 i.d.g.F eine Förderung für den Versorgungsfall 1 und 2.

Die Trinkwassernotversorgung muss gut vorbereitet sein, um im Ernstfall schnell reagieren zu können. Sie erfolgt entweder als Holversorgung (Bevölkerung holt sich sicheres Trinkwasser) oder als Bringversorgung (Wasserversorger bringt das Wasser zum Kunden). Die Trinkwassernotversorgung ist im Rahmen der "desaster preparedness" einzurichten und zu

planen. In Österreich ist die ÖVGW Richtlinie W74 die Grundlage für die Trinkwasserversorgung.

#### **A4-4.3.2 Informationspolitik und Medienarbeit**

Der moderne Wasserversorger ist ein Dienstleistungsunternehmen. Dem entsprechend kommt auch der Informationspolitik (nicht nur gegenüber der Behörde sondern auch dem Kunden gegenüber) eine entscheidende Bedeutung zu.

Das Hochwasserereignis 2002 hat unter anderem gezeigt, dass die Implementierung der Wasserversorger in die Informationskette des Katastrophenmanagements nicht immer gegeben war (z.B. Stromabschaltungen seitens der Energieversorger, Vorwarnzeiten durch frühestmögliche Hochwassermeldungen, usw.). Diese Informationen sind für den Wasserversorger wichtig, um entsprechend den Ausführungen unter Punkt A4-4.2 (z.B. Befüllung der Speicher, Bevorratung der Betriebsmittel usw.) reagieren zu können. Für zukünftige Ereignisse sollten daher Vertreter der Wasserversorger verstärkt in die Krisen- und Katastrophenstäbe miteinbezogen werden.

Weiters sollte auch bereits im Vorfeld (Normalbetrieb) vom Wasserversorgungsunternehmen in der Bevölkerung eine Bewusstseinsbildung betrieben werden, die aktiv auf das – trotz aller Vorsorgeplanung – vorhandene Restrisiko bei Katastrophen und Krisen Bezug nimmt. Die Bevölkerung muss sich dessen bewusst sein, dass in Fällen von höherer Gewalt auch eine gewisse Eigenverantwortung gefragt ist. Diese Informationspolitik ist wichtig, damit der Kunde im Ernstfall bereit ist zu verstehen und zu akzeptieren, dass eine Versorgungsunterbrechung bzw. sogar eine Holversorgung erforderlich ist.

Die notwendigen Informationen für den Kunden sollten so aufbereitet sein, dass es kein Verständnisproblem gibt. In Krisen- und noch eher in Katastrophensituationen sollten die wichtigen Mitteilungen so neutral wie möglich erfolgen, um eine Panik in einer bereits angespannten Situation vermeiden zu können. Damit diese wichtigen Botschaften (z.B. Wasser abkochen usw.) an den Endverbraucher gelangen können, kann auf unterschiedliche Kommunikationsmedien zurückgegriffen werden. So sind zum Beispiel die Bürger von Prag beim Hochwasser 2002 durch sms gewarnt worden. So etwas ist durchaus auch für den Einsatz bei Wasserversorgern denkbar, bei aller Problematik der erforderlichen Aktualisierung entsprechender Datenbanken.

Für eine funktionierende Informationspolitik gilt der Leitsatz:

Die richtige Information, zur richtigen Zeit, am richtigen Ort. Das heißt eine Bewusstseinsbildung der Kunden im Vorfeld, dass der Normalbetrieb im Ernstfall nicht immer aufrechterhalten werden kann. Weiters eine Einbindung der WVU in den Informationsfluss bzw. –kette der Krisen- und Katastrophenstäbe.

#### A4-4.3.3 Zusammenarbeit mit den Krisen- und Katastrophenstäben

Eine zwischen Behörden, Einsatzorganisationen und Unternehmen abgestimmte Risikoanalyse bildet die Grundlage für eine erfolgreiche Zusammenarbeit (ONR 192320, 2006). Als Grundlage für diese Arbeit sollen so genannte Katastrophenschutzpläne dienen, für deren Erstellung das jeweilige Bundesland zuständig ist. Die Einsatzleitung setzt sich aus der behördlichen Ebene und auch aus der operativen Ebene zusammen. Für den Wasserversorger ist eher der operative/fachliche Teil von Wichtigkeit. Als Beispiel für die Beschlussfassung und Kostentragung dient die Regelung für das Land Kärnten (Abb. A4-24:).

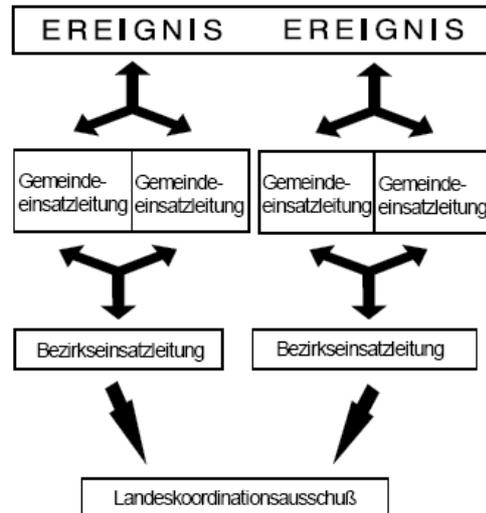


Abb. A4-24: Beschlussfassung über Koordination und Kostentragung des Landes Kärnten

Diese enge Zusammenarbeit mit den übergeordneten Krisen und Katastrophenstäben ist aus mehreren Gründen wichtig. Zum einen um die für das Versorgungsunternehmen wichtigen Neuigkeiten zu erhalten (z.B. Rückgang der Flutwellen, usw.), die für den laufenden Betrieb unumgänglich sind. Zum anderen ist Wasser das Lebensmittel Nummer eins und es liegt somit auch im direkten Interesse der Katastrophenstäbe sicheres Trinkwasser für den Einsatzraum zur Verfügung gestellt zu bekommen, so dass ein Ausbruch von Krankheiten und Seuchen verhindert werden kann. Nicht nur die Zusammenarbeit mit den übergeordneten Krisenstäben ist von entscheidender Wichtigkeit, sondern auch ein eigenes Krisen und Katastrophenmanagement innerhalb des Wasserversorgungsunternehmens. Die innerbetriebliche Zusammenarbeit wird hier nicht näher behandelt.

Sollte das Ereignis schon eingetreten sein, ist es wichtig auf ein sehr gutes Krisen- und Katastrophenmanagement direkt zugreifen zu können. Es kommt vor allem dann zum Tragen wenn die Vorsorgemaßnahmen nicht mehr ausreichen und sich die Intensität der Krise erhöht.

Das Krisen- und Katastrophenmanagement ruht im wesentlichen auf folgenden drei Standbeinen:

- Trinkwassernotversorgung,
- Informationspolitik- und Medienarbeit,
- Zusammenarbeit mit den Krisen- und Katastrophenstäben.

Alle drei Säulen sind für eine Bewältigung solcher Extremereignisse wichtig.

#### **A4-4.4 Nationale Konzepte**

Durch die föderalistische Struktur Österreichs gibt es kein bundesweit vorgegebenes Konzept. Deswegen hängt es sehr stark vom jeweiligen Bundesland ab, wie sehr solche Maßnahmen zur Aufrechterhaltung der Versorgung gefördert und umgesetzt werden. Hier sei auch erwähnt, dass die Wasserversorgung zwar eine öffentliche Aufgabe im Sinne der Daseinsgrundfunktionen ist, dass diese Aufgabe jedoch von der Kommune (Gemeinde, Genossenschaft) zu erfüllen ist.

In der Folge weisen die Konzepte der einzelnen Bundesländer sehr große Unterschiede auf. Im Rahmen dieser Arbeit sollen nur zwei Konzepte, nämlich das Konzept des Landes Steiermark und des Landes Kärnten vorgestellt werden.

##### **A4-4.4.1 Steiermark**

Ein gutes Beispiel für die positive Umsetzung eines Wasserkonzeptes (Wasserversorgungsplan Steiermark) soll hier kurz beschrieben werden. In der Steiermark sind vor allem die Südost- und Weststeiermark sehr oft von Trockenheit betroffen. Für die Notwasserversorgung wird hier vor allem das Konzept der Vernetzung von wasserreichen Gebieten mit Wassermangel-Gebieten forciert: eine Nord-Süd und Süd-Ost Verbindung zwischen dem Raum Graz, dem Leibnitzer Feld bis weiter nach Bad Radkersburg. Als Beispiel steht die Weiterleitung von 200 l/s aus der Leitung Plabutschtunnel, wo eine Trinkwasserleitung vom Norden bis in den Süden von Graz führt.

Durch diese Verbundschienen waren auch die Auswirkungen der Trockenheit 2003 nicht so gravierend, wie in anderen Bundesländern. Diese gesamten Schritte werden vom Land - zusätzlich zur normalen Bundes- und Landesförderung aus dem Wasserwirtschaftsfonds - gefördert. Die Planung und Realisierung der Verbundsysteme wäre jedoch auch hier noch nicht erfolgt, wenn nicht bereits vorherige Krisensituationen (in qualitativer und quantitativer Sicht) aufgetreten wären.

##### **A4-4.4.2 Kärnten**

In Kärnten werden seit dem Jahr 2005 (Kärntner Wasserwirtschaftsfonds) zusätzlich zu den insgesamt 30 % Förderung aus Bundes- und Landesmitteln, oft bis zu 80% solcher Maßnahmen gefördert, die eine Versorgung der Bevölkerung mit Trinkwasser auch in Krisensituationen gewährleisten.

Es gibt in Kärnten schon einige Transportschienen, hauptsächlich aber im Osten des Landes, die von Norden nach Süden verlaufen (z.B. St. Klementen nach Klagenfurt, Krappfeldschiene).

In weiteren Stufen ist geplant, betroffene Gemeinden (Priorität I und II) untereinander zu vernetzen.

Es gibt auch das Bestreben mit dem Kärntner Wasserschilling Gewinnungsgebiete für die zukünftige Trinkwasserversorgung der Bevölkerung zu sichern.

So wie in der Steiermark war auch hier eine Bestandsanalyse die notwendige Voraussetzung für die Umsetzung der geplanten Maßnahmen.

##### **A4-4.4.3 Andere Bundesländer**

Bei Bundesländern mit einem sehr hohen Anteil an Hausbrunnen (z.B. Oberösterreich mit über 20%) ist es schwierig bzw. unmöglich solche großräumigen Vernetzungsmaßnahmen umzusetzen. Hier sind ganz andere - eher lokale - Strategien gefragt.

In Tirol gibt es für den Raum Kitzbühel-Jochberg ein Konzept, das aber noch nicht umgesetzt wurde.

Auch in Salzburg werden solche Maßnahmen zur Zeit nicht aus zusätzlichen Landesmitteln gefördert.

Der finanzielle Anreiz ist neben der „Erinnerung an die Krise bzw. Katastrophe“ das beste Argument solche Maßnahmen auch in die Tat umzusetzen. Was auch bei der Konzepterstellung wichtig ist, dass bei der Bestandsanalyse nicht nur der zukünftige Bedarf mit einem Wachstum verknüpft wird, sondern auch, dass sich durch den Klimawandel veränderte Dargebot (vermehrte Niederschläge im Winter, trockenere Sommer mitbetrachtet wird).

#### **A4-4.5 Internationale Konzepte**

Da diese Probleme nicht nur österreich-spezifisch sind und viele Staaten auf die eine oder andere Weise davon betroffen sind, werden hier Konzepte für den Umgang mit Extremereignissen (Klimaänderung) aus anderen Staaten aufgezeigt. Dieser Soll/Ist Vergleich der Wasserversorger in Österreich mit jener anderer Staaten, erfolgt hier durch drei unterschiedliche Konzepte für die Aufrechterhaltung der momentanen und zukünftigen Trinkwasserversorgung. Wichtig dabei ist, dass die Rahmenbedingungen (gesetzliche, finanzielle, öffentliche oder private Wasserversorgung) in den jeweiligen Ländern ganz unterschiedlich sind, und deswegen der Standard ganz anders sein kann.

##### **A4-4.5.1 Deutschland**

Ein Konzept, das für das Versorgungsunternehmen Hessenwasser ausgearbeitet wurde (Korthals, Kapper und Kunau), stellt ein gutes Beispiel für die Konzepterstellung und – Umsetzung dar. Hier wurde für Hessenwasser (ca. 2 Mio. Kunden), deren Gewinnungs- und Versorgungsgebiet sehr stark hochwassergefährdet ist, ein Konzept ausgearbeitet, das auch mittels sofort oder längerfristiger Maßnahmen umgesetzt werden kann. In einem ersten Schritt wurden sämtliche Wasserspiegellagen aus dem Rhein-Atlas der Internationalen Kommission zum Schutz des Rheins (IKSR) für HQ 200 bzw. HQ1000 mit den Höhenlagen der Anlagen (Leitungen, Brunnen, Speicherbauwerken usw.) verschnitten. In weiterer Folge wurden die Anlagen auf Überflutungssicherheit und das mögliche Schadensausmaß hin untersucht. Als nächster Schritt ist eine Kosten–Nutzen- bzw. ein Risikomanagementanalyse durchgeführt worden, bei der die nach ihrer Notwendigkeit und ihrer Finanzierbarkeit gereihten Maßnahmen auf ihre Umsetzbarkeit hin überprüft wurden. Das Fazit dieser sehr praktisch orientierten Studie zeigt, dass durch technische Maßnahmen (z.B. Vernetzungsmaßnahmen) und einer Kombination von unterschiedlichen betrieblichen und organisatorischen Strategien das Risiko eines Versorgungstotalausfalles minimiert wird.

##### **A4-4.5.2 Schweiz**

Die Schweiz hat einen hervorragenden Standard in der Trinkwassernotversorgung. Der Grund dafür liegt sicherlich in der gesetzlichen Verankerung zum Beispiel in den folgenden Bundesgesetzen:

- Bundesgesetz über die wirtschaftliche Landesversorgung (Art. 20) vom 8. Oktober 1982
- Bundesgesetz über den Schutz der Gewässer (Art. 58 und 64) vom 24. Januar 1991
- Verordnung über die Sicherstellung der Trinkwasserversorgung in Notlagen (VTN) vom 20. November 1991

Die Strategie, die in der Schweiz umgesetzt wird, ist in Abb. A4-25: dargestellt.



**Abb. A4-25:** Sicherheitsstrategie in der Schweiz.

Bei der Sicherheitsstrategie in der Schweiz wird sehr viel Wert auf eine große Diversität gelegt, da systembedingt eine Versorgung aus möglichst vielen unabhängigen Standorten und Quellen viel weniger anfällig ist, als die Wasserversorgung aus einer einzigen (oder wenigen) Bezugsmöglichkeit.

#### A4-4.5.3 *Niederlande*

Auch hier hat die Klimaänderung durch ein vermehrtes Auftreten von Extremereignissen (Änderung des Niederschlags, Temperaturveränderungen usw.) ihre Spuren hinterlassen. Deswegen müssen die Wasserversorger in den Niederlanden mit unterschiedlichen Konzepten auf diese Auswirkungen reagieren. Das momentane Versorgungssystem in den Niederlanden ist unflexibel, dafür aber billig und zuverlässig. Um richtig auf die Extremereignisse (Zunahme von Extremniederschlägen, Trockenheit usw.) der Klimaänderung reagieren zu können, ist aber ein flexibles System notwendig. Ein solches zukünftiges Versorgungssystem soll kurzfristig neue Quellen erschließen, neue Speicherkonzepte beinhalten, und langfristig eine Neugründung der zentralisierten großen Systeme bzw. flexible Aufbereitungsanlagen beinhalten. Dieser Übergang wird einige Dekaden dauern, weil die Investitionsabschreibungen für solch flexible Systeme länger dauern. (Meulemann, Zwosman, 2006)

Die jeweiligen Konzepte sind sehr unterschiedlich, und deswegen schwer miteinander vergleichbar. Es zeigt sich aber, dass dieses Thema in vielen Ländern wahrgenommen wird. Vor allem große Wasserversorger (siehe Deutschland) haben eigene Konzepte, die eine hohe Ausfallssicherheit gewährleisten sollen. In der Schweiz müssen alle Wasserversorger solche Konzepte und Maßnahmen haben.

In den Niederlanden wird auch an neuen Konzepten für zukünftige Systeme gearbeitet, die eine sichere Versorgung der Bevölkerung gewährleisten sollen.

#### A4-4.6 **Neue Konzepte zur Qualitäts- und Quantitätssicherung**

Der von der WHO entwickelte Water Safety Plan (WSP) soll die Qualität bzw. die Quantität in der Wasserversorgung sicherstellen. Als Vorbild dient das HACCP Konzept, das für die Lebensmittelindustrie entwickelt wurde. Dieses Konzept wird nunmehr auch für die Wasserversorger umgesetzt (z.B. Neuseeland, Australien, Schweiz). Eine von der ÖVGW in Ausarbeitung befindliche Richtlinie (W 88) soll die Planer bzw. Wasserversorger bei der Umsetzung eines Wassersicherheitsplanes unterstützen, wie er - aus heutiger Sicht - im Rahmen der Überarbeitung der EU-Trinkwasserrichtlinie gefordert werden wird.

Dabei geht es primär darum, die Qualität durch ein so genanntes Multi-Barrierenkonzept vom Gewinnungsgebiet bis zum Endverbraucher durch Installation von so genannten Steuerungspunkten an kritischen Stellen (z.B. Gewinnungsgebiet, Brunnen usw.) sicherzustellen. Im Rahmen der Analyse des Wasserversorgungsunternehmens werden alle Schwachstellen systematisch mittels einer Fehler Möglichkeits- und Einflussanalyse (FMA) aufgezeigt und mittels einer Risikoprioritätszahl (RPZ) bewertet. Je höher diese RPZ, ist desto gravierender sind die Auswirkungen für den Endverbraucher. Im Rahmen dieser FMA kann auch das Risiko gegenüber Extremereignissen beurteilt werden. Insofern ist der WSP ein sehr gut geeignetes Instrument, um den Prozess der Wasserversorgung auf Schwachstellen und kritische Punkte hin zu analysieren, und die dafür notwendigen Gegenmaßnahmen zu finden.

## A4-5 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

### **„Nicht die Katastrophe ist das Problem, sondern Ignoranz und Verdrängung“**

In den letzten Jahren haben „natürliche Extremereignisse“ vermehrt zu Störfällen in der Wasserversorgung geführt (Hochwasser 2005 Tirol, Vorarlberg, Dürre 2003 z.B. südliche Steiermark).

Bei den Wasserversorgungsunternehmen lassen sich unterschiedliche Schäden, je nach Extremereignis ableiten.

Schäden die durch Starkregenereignisse verursacht werden, betreffen aufgrund der höheren Energie des strömenden Wassers die Infrastruktur besonders stark (Freispülen von Leitungen, Abriss von Leitungen durch Erdbeben, Zerstörung von Brückenaufhängungen usw.). Bei Landregen oder länger anhaltenden Niederschlagsereignissen sind die Schäden hingegen eher auf Überstauungen (z.B. des Gewinnungsgebietes) zurückzuführen.

Durch Trockenheit kommen keine technischen Anlagenteile zu Schaden, sondern hauptsächlich das Gewinnungsgebiet. Hier hat sich ganz klar gezeigt, dass Grundwasserkörper mit einer gering mächtigen Überdeckung sehr viel eher betroffen sind, als Grundwasserkörper mit einer dementsprechend mächtigen Überdeckung. Der Grund dafür liegt darin, dass eine größere Überdeckung den Grundwasserkörper vor Trockenheit schützt (z.B. geringerer Wassertransport durch Evapotranspiration).

Aufbauend auf Schadensanalysen lassen sich Maßnahmen ableiten, die eine Versorgungsunterbrechung unwahrscheinlicher machen. Solche Maßnahmen gliedern sich nach Phasen in eine Störfallvorsorge (organisatorische und technische Maßnahmen), Vorsorge-maßnahmen bei drohender Gefahr, und in ein Krisen- und Katastrophenmanagement im Ernstfall (Trinkwassernotversorgung, Informationspolitik und Medienarbeit, Zusammenarbeit mit Krisen- und Katastrophenstäben).

Ein Vergleich nationaler und internationaler Konzepte (im Bezug auf Maßnahmen zur Minimierung von Versorgungsunterbrechungen) hat gezeigt, dass die Konzepte österreichischer Wasserversorger sehr stark von den Anreizen der jeweiligen Bundesländer beeinflusst werden. So hat die Steiermark z.B. schon in den 1990 Jahren einen Wasserversorgungsplan Steiermark ausgearbeitet, der teilweise auch schon umgesetzt wurde. Er enthält fördertechnische Anreize, die Erleichterungen für die Wasserversorgungsunternehmen bringen sollen, um Vernetzungsmaßnahmen oder z.B. ein zweites Standbein einfacher umzusetzen zu lassen. Dies ist ein Grund, warum die Auswirkungen der Trockenheit des Jahres 2003 in der Steiermark nicht so gravierend waren, wie in anderen Bundesländern. Andere Bundesländer wie Vorarlberg und Kärnten sind gerade dabei, solche Wasserversorgungspläne auszuarbeiten bzw. umzusetzen, um nicht nur gegen Trockenheit, sondern auch gegen Hochwasserereignisse gewappnet zu sein.

Als sehr anspruchsvolles Leitbild für die Planung und Umsetzung der Trinkwasserversorgung im Störfall kann das Konzept der Schweiz genannt werden. Hier sind durch gesetzliche Rahmenbedingungen auch die dafür notwendigen finanziellen Mittel leichter lukrierbar. In der Schweiz sind die Wasserversorger verpflichtet auch in Krisen- und Katastrophensituationen die Wasserversorgung je nach Modellfall für die Bevölkerung sicherzustellen. Jeder einzelne Wasserversorger hat ein Konzept auszuarbeiten und umzusetzen, aus dem klar hervorgeht wie die Trinkwasserversorgung im Ernstfall sicherzustellen ist (Bedarfsanalyse, eventuelle Erschließung neuer Ressourcen usw.).

Ein neues, integrales Konzept zur Sicherung der Wasserqualität der WHO ist der Wassersicherheitsplan (WSP), der schon bei einigen Wasserwerken (z.B. Tulln) umgesetzt wurde bzw. gerade umgesetzt wird. Im Rahmen der Umsetzung des WSP kann auch auf die Stör-

fallvorsorge bzw. das notwendige Krisenmanagement eingegangen werden und die Implementierung der notwendigen Maßnahmen dafür durchgeführt werden. Die grundsätzliche Forderung nach einem Wassersicherheitsplan soll in die laufende Überarbeitung der EU Trinkwasserverordnung (bis 2008) eingearbeitet werden. Nach der Umsetzung in nationales Recht (innerhalb von 2 Jahren), werden diese Regelungen auch für die österreichischen Wasserversorger bindend. Die von der Österreichischen Vereinigung für das Gas- und Wasserfach (ÖVGW) in Ausarbeitung befindliche Richtlinie W 88 soll den Wasserversorgern bei der Umsetzung des Wassersicherheitsplans helfen.

## Schlussfolgerungen

Die Zukunft einer Wasserversorgung, die Trinkwasser auch bei Extremereignissen für die betroffenen Bevölkerung in ausreichender Menge bzw. Qualität sicherstellen sollt, hängt von sehr vielen unterschiedlichen Maßnahmen ab. Eine Auswahl der wichtigsten Strategien und Randbedingungen sind in der Folge genannt.

Eine Grundvoraussetzung, um auf Extremereignisse richtig reagieren zu können, ist die so genannte Störfallvorsorge. Hier kann mit oft relativ wenig Aufwand in der Planung oder durch organisatorische Maßnahmen eine Versorgungsunterbrechung verhindert werden. Damit der Wasserversorger auch vor dem Auftreten einer Krise die notwendigen Maßnahmen (z.B. Behälterfüllung, Kundeninformation usw.) treffen kann, ist es wichtig ihn in die dafür vorgesehen Krisen- und Katastrophenstäbe einzubinden. Der Kunde muss informiert werden, und auch die Information, dass der Normalbetrieb in solchen Krisen nicht immer aufrechterhalten werden kann, muss kommuniziert werden. Das heißt, es gibt auch eine Eigenverantwortung des Kunden (z.B. Bevorratung).

Beim Informationsfluss (nach unten, und nach oben) gilt der Leitsatz, „die richtige Information zur richtigen Zeit am richtigen Ort“.

Der Bund bzw. die Länder müssen sich die Frage stellen, inwieweit sie dabei in den Verantwortungsbereich der öffentlichen Wasserversorgung eingreifen wollen, um die Bevölkerung auch bei Extremereignissen weitestgehend mit Trinkwasser zu versorgen. Soll ein ähnliches Modell wie in der Schweiz gewählt werden, wo jeder Wasserversorger per Gesetz verpflichtet ist, ein erprobtes Notversorgungskonzept zu haben, oder hält man sich aus dieser Diskussion fern? In Deutschland sind Wasserversorgungsunternehmen (WVU) ebenfalls per Gesetz verpflichtet, den Kunden Wasser im vereinbarten Umfang jederzeit zur Verfügung zu stellen, wobei das WVU jede Unterbrechung oder Unregelmäßigkeit unverzüglich zu beheben hat.

In Österreich gibt es keine generelle gesetzliche Regelung, die das WVU verpflichtet den Kunden jederzeit Wasser im vereinbarten Rahmen zur Verfügung zu stellen. Im Sinne der Kundenorientierung bzw. der Sicherstellung der Versorgungssicherheit wäre eine gesetzliche Vereinbarung wie in der Schweiz oder Deutschland auch in Österreich denkbar. Wie diese Regelungen aussehen könnten und welche begleitenden Maßnahmen dabei erforderlich wären (z.B. als Punkt der Technischen Richtlinien in den Förderungsmaßnahmen oder direkt in der Trinkwasserverordnung, entsprechende Förderbarkeit von Maßnahmen), sei vorerst dahingestellt.

Der beste Motor, Maßnahmen zur Aufrechterhaltung der Trinkwasserversorgung im Krisenfall umzusetzen, sind entweder finanzielle Anreize (Förderungen) oder eine eben bestandene Krise selber. Bei der Planung der zukünftigen Versorgungsinfrastruktur muss darauf bedacht genommen werden, dass sich das Klima bereits verändert hat bzw. weiter verändern wird, und sich die gegenwärtigen Planungsansätze ändern müssen. Als Beispiel sei hier nur erwähnt, dass zwar bei jeder zukünftigen Wasserbedarfsermittlung ein erwartetes Wachstum berücksichtigt wird, aber ob auch das dafür notwendige zukünftige Dargebot aufgrund eines sich ändernden Klimas noch gegeben ist, spielt bis jetzt in den Überlegungen noch keine entscheidende Rolle.

Den aktuellen Klimaszenarien zufolge, nimmt die Frequenz von Extremereignissen, die die Wasserversorgung beeinträchtigen können, zu. Damit die Wasserversorger gewappnet sind, müssen integrale Planungsgrundsätze aufgegriffen werden. Weiters sollten die Wasserversorger auf eine größere Diversität in der Wasserversorgung setzen, um ihre Vulnerabilität gegenüber Extremereignissen zu reduzieren. So wie in der Natur Monokulturen anfälliger gegenüber Störungen sind als Mischkulturen oder Kulturen mit einer höheren Diversität, werden auch Wasserversorgungsunternehmen die in ihren Bereichen auf Diversität (z.B. zweites Standbein, Vernetzungsmaßnahmen, usw.) setzen, weniger anfällig für Extremereignisse sein.

#### **A4-5.1 Ausblick und weiterführende Fragestellung**

Sollten sich die Trends, das zukünftig immer mehr Menschen in urbanen Räumen leben, und die Häufigkeit solcher Extremereignisse immer mehr zunimmt, bestätigen, kommt dem Schutz von so genannten kritischen Infrastruktureinrichtungen eine immer größere Bedeutung zu. Das gilt ganz Besonders für das Trinkwasser, das Lebensmittel Nummer eins.

Deswegen ist es sehr wichtig die Forschung in diesem Bereich voranzutreiben, um im Sinne der Daseinsvorsorge die Qualität und Quantität unseres Trinkwassers nicht nur im Normalbetrieb zu gewährleisten, sondern auch bei Krisen- und Katastrophen (nicht nur natürliche Extremereignisse) sicherzustellen.

Auch die IWA (International Water Association) hat die Wichtigkeit dieses Themas erkannt. Deswegen hat die IWA eine Specialist Group gegründet, die sich mit den Auswirkungen der Klimaänderung auf das Wasser beschäftigt. Auch die IWA hat erkannt, dass neue Strategien und Lösungsansätze gefragt sind, um auf die Herausforderung der Klimaänderung reagieren zu können.

## Literaturverzeichnis

- Auer, I., E. Korus, R. Böhm, and W. Schöner, 2005, Analyse von Hitze und Dürreperioden in Österreich; Ausweitung des täglichen StartClim Datensatzes um das Element Dampfdruck, Analysen von Hitze und Trockenheit und deren Auswirkungen in Österreich  
Start Clim 2004, Wien, Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik.
- Blöchliger, D. H., and F. Neidhöfer, 1998, Auswirkungen von extremen Niederschlagsereignissen, Bern, OcCC ProClim.
- DVGW, D. V. d. G. u. W. (2004). Hinweis W 1020 (Empfehlungen und Hinweise für den Fall von Grenzwertüberschreitungen und anderen Abweichungen von Anforderungen der Trinkwasserverordnung. Bonn, Deutsche Vereinigung des Gas und Wasserfaches (DVGW).
- DVGW, D. V. d. G. u. W. (2006). Arbeitsblatt GW 1200 (Grundsätze und Organisation des Bereitschaftsdienstes für Gas- und Wasserversorgungsunternehmen). Bonn, Deutsche Vereinigung des Gas und Wasserfaches (DVGW).
- DVGW, D. V. f. G. u. W. (2003). W 1050 (Vorsorgeplanung für Notstandsfälle in der öffentlichen Trinkwasserversorgung). Bonn, Deutsche Vereinigung des Gas und Wasserfaches (DVGW).
- Eybl, J., R. Godina, P. Lalk, P. Lorenz, G. Müller, and V. Weilguni, 2004, Trockenheit in Österreich im Jahr 2003, Ein hydrologischer Situationsbericht, Wien.
- F.Nobilis, and R. Godina, 2006, Extreme Trockenheit in Österreich: Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaft, v. Heft 3-4, p. S. 51.
- Formayer, H., S. Eitzinger, H. Nefzger, S. Simic, and H. Kromp-Kolb, 2001, Auswirkungen einer Klimaveränderung in Österreich: Was aus bisherigen Untersuchungen ableitbar ist, Wien, Institut für Meteorologie und Physik, Universität für Bodenkultur.
- Godina, R., P. Lalk, P. Lorenz, G. Müller, and V. Weilguni, 2004, Die Hochwasserereignisse im Jahr 2002 in Österreich, Wien, Bundesministerium für Land und Forstwirtschaft,
- Godina, R., P. Lalk, P. Lorenz, G. Müller, and V. Weilguni, 2005, Das Hochwasser in Österreich vom 21. bis 25. August 2005, Beschreibung der hydrologischen Situation, Wien, Abteilung VII/3 – Wasserhaushalt (HZB).
- Houghton, J. T., Y. Ding, D. J. Griggs, M. Noguer, P. J. v. d. Linden, X. Dai, K. Maskell, and C. A. Johnson, 2001, Climate Change 2001: The Scientific Basis, Cambridge, THE PRESS SYNDICATE OF THE UNIVERSITY OF CAMBRIDGE.
- (ISDR), I. S. f. D. R., 2004, Terminology of disaster risk reduction, UN/ISDR.
- Kozel, R., and M. Schürch, 2005, Grundwasser auf dem Prüfstand: Forum zum Hitzesommer 2003.
- Kromp-Kolb, U.-P. D. H., 2005, Analysen von Hitze und Trockenheit und deren Auswirkungen in Österreich. Endbericht, Wien, Institut für Meteorologie, Department für Wasser-Atmosphäre-Umwelt, Universität für Bodenkultur.
- Kunz, M., Das Pfingsthochwasser aus der Sicht eines Meteorologen, Institut für Meteorologie und Klimaforschung Karlsruhe (IMK).
- Landesregierung, A. d. V., 2005, Das Starkregen- und Hochwasserereignis des August 2005 in Vorarlberg, Feldkirch, Amt der Vorarlberger Landesregierung.
- Neu, U., and E. Thalmann, 2005, Hitzesommer 2003 Synthesebericht, Bern, ProClim-Forum for Climate and Global Change. Plattform of the Swiss Academy of Science.
- OcCC, 2003, Extremereignisse und Klimaänderung: Bern, OcCC, Organe consultatif sur les changements climatiques, Beratendes Organ für Fragen der Klimaänderung.

- ÖVGW, Wasser, Ö. V. f. G. u. (Februar 2006). W74 Trinkwassernotversorgung (Krisenvorsorgeplanung in der Wasserversorgung). Wien, Österreichische Vereinigung für Gas und Wasser
- Reichel, G., 2002, Erfahrungsberichte aus Oberösterreich, Hochwasserkatastrophe-Gefahr für Trinkwasser!?, Linz, ÖVGW, p. S.27.
- Schorer, D. M., 2000, Trockenheit in der Schweiz, Klimaänderung Schweiz. Workshopbericht, Bern, Organe consultatif sur les changements climatiques, Beratendes Organ für Fragen der Klimaänderung.
- Sigl, G., 2004, Auswirkungen eines Rekordsommers auf die Mikrobiologie des Wassers: Symposium Wasserversorgung, p. S.22.
- SVGW, S. V. d. G. u. W. SVGW W 300d (Wegleitung für die Planung und Realisierung der Trinkwasserversorgung in Notlagen). Zürich, Schweizerischer Verein des Gas und Wasserfaches (SVGW).
- SVGW, S. V. d. G. u. W. (2003). SVGW W 1002d (Empfehlungen für ein einfaches Qualitätssicherungssystem für Wasserversorger, WQS). Zürich, Schweizerischer Verein des Gas und Wasserfaches (SVGW).
- Wachter, K., 2002, Gefahren für Wasserversorgungen bei Hochwasser, Erfahrungen aus der Sicht eines Krisenstabes, Hochwasserkatastrophe- Gefahr für Trinkwasser!?, Linz, ÖVGW, p. S.32.
- Wasser, Ö. V. f. G. u. (Februar 2006). W74 Trinkwassernotversorgung (Krisenvorsorgeplanung in der Wasserversorgung). Wien, Österreichische Vereinigung für Gas und Wasser (ÖVGW).
- Wimmer, H., 2006, Katastrophenmanagement: 11. Österreichische Umweltrechtstage. Naturkatastrophen und Störfälle, 2004, SONDERBEOBACHTUNGSDURCHGANG: HOCHWASSER 2002 – AUSWIRKUNGEN AUF DAS GRUNDWASSER IN SALZBURG, Erhebung der Wassergüte in Österreich – Jahresbericht 2004: Wien.

## Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

### Abbildungen

Abb. A4-1: Möglicher Einfluss der Klimaänderung auf die Häufigkeit von Extremereignissen am Beispiel von Temperaturextremen (IPPC, 2001) -----	9
Abb. A4-2: Gewinnungsgebiet vor und nach einem Starkniederschlagsereignis 2002; Quellgebiet Harras, WLV Triestingtal und Südbahngemeinden(DI Danzinger 2002) -----	10
Abb. A4-3: Abflusswerte ausgewählter Gewässer beim Augusthochwasser 2005 in Vorarlberg (Amt der Vorarlberger Landesregierung 2005, S.11) -----	11
Abb. A4-4: Regionen die durch Vb und Vb ähnliche Wetterlagen besonders betroffen sind.-----	12
Abb. A4-5: Besonders gewitterträchtige Regionen in Österreich. Basis 10 jährige Klimatologie der ALDIS Blitzortung.-----	13
Abb. A4-6: Regionen, die durch den Anstieg der Schneefallgrenze voraussichtlich am stärksten betroffen sein werden.-----	13
Abb. A4-7: L 200 Bregenzerwaldstraße, Sporeneggbrücke mit abgerutschter Trinkwasserleitung (Amt der Vorarlberger Landesregierung 2005, S.31)-----	14
Abb. A4-8: Niederschlagssumme Mai bis August 2003 in Prozent vom Normalwert 1961-1990 (Mitteilungsblatt des hydrografischen Dienstes Nr. 83, S.6) -----	15
Abb. A4-9: Jahresniederschlagssumme Mai für Österreich in Prozent der Mittelwerte der Reihe 1901 -1950 (Mitteilungsblatt des hydrografischen Dienstes Nr. 83, S.8) -	15
Abb. A4-10: Klostertal Messstelle Lorüns-Stallehr, Grundwasserstände 2001-2003 im Vergleich zu Beobachtungen seit 1987 (Eybl 2004, S.9) -----	16
Abb. A4-11: Vergleich der Hochwasserganglinien vom Juli 1997 und Juni 2002 an der Schwechat, Pegel Fahrafeld (Godina 2004 S.11) -----	17
Abb. A4-12: Verteilung der Niederschlagshöhen in Zentraleuropa im Juli 1997 in % der monatlichen Niederschlagshöhe 1961-1990 (DWD 1997, S.1)-----	18
Abb. A4-13: Zweitagesniederschlagssummen und Jährlichkeiten des Ereignisses (Godina 2004, S.16,22) -----	19
Abb. A4-14: Niederschlagssummen vom 20.05.99 - 22.05.99 (3 Tage) in mm(Kunz 1999)	20
Abb. A4-15: Zweitagesniederschlagssummen in mm vom 11. August 7:00 bis 13. August 2002 7.00 Uhr (vorläufige Daten) (Godina, 2004)-----	21
Abb. A4-16: Übersicht über die Jährlichkeit des Hochwassers vom 11.-15. August 2002 (Godina 2004). -----	21
Abb. A4-17: Vom Hochwasser des 21 - 25 Augustes 2005 betroffene Gebiete (die Wildbach, 2005) -----	22
Abb. A4-18: Übersicht der betroffenen Gewässer mit Einschätzung des Wiederkehrintervalls (Godina 2005)-----	22
Abb. A4-19: Durch Errosion abgerissene Trinkwasserleitung (Amt der Vorarlberger Landesregierung 2005, S.23,31) -----	25
Abb. A4-20: Auswirkungen des Hochwassers 2005 auf Gewinnungsgebiete in Vorarlberg (Amt der Vorarlberger Landesregierung 2005, S.36) -----	28

<b>Abb. A4-21: Räumliche Verteilung der mittleren Anzahl der heißen Tage pro Jahr in Österreich im Zeitraum 1961-1990. dunkelrot = über 10 heiße Tage pro Jahr, blau = keine (Auer 2005,S. 9) -----</b>	<b>31</b>
<b>Abb. A4-22: Räumliche Verteilung der Zahl der Tage mit Niederschlag <math>\geq</math> 1mm in Österreich (Mittel 1961-1990) (Auer 2005,S. 20)-----</b>	<b>32</b>
<b>Abb. A4-23: Nachhaltig nutzbares Quellwasserdargebot (l/s, zukünftiger Wasserverbrauch abgezogen) in den Gebirgsgruppen in einem extremen Trockenjahr. Nicht inkludiert sind die Porengrundwasserreserven in den Tallandschaften (Harum 2001, S.58) -----</b>	<b>35</b>
<b>Abb. A4-24: Beschlussfassung über Koordination und Kostentragung des Landes Kärnten -----</b>	<b>47</b>
<b>Abb. A4-25: Sicherheitsstrategie in der Schweiz. -----</b>	<b>50</b>

**Tabellen**

**Tabelle 4-1 Modellfälle von Notständen in der zentralen Wasserversorgung.....39**  
**Tabelle 4-2 Schadensauswertung .....40**