



lebensministerium.at

# **Anpassungsstrategien an den Klimawandel für Österreichs Wasserwirtschaft - Kurzfassung**

Studie der ZAMG und der TU Wien  
im Auftrag von Bund und Ländern





# NACHHALTIG FÜR NATUR UND MENSCH SUSTAINABLE FOR NATURE AND MANKIND

## Lebensqualität / *Quality of life*

Wir schaffen und sichern die Voraussetzungen für eine hohe Qualität des Lebens in Österreich.

*We create and we safeguard the prerequisites for a high quality of life in Austria.*

## Lebensgrundlagen / *Bases of life*

Wir stehen für vorsorgende Verwaltung und verantwortungsvolle Nutzung der Lebensgrundlagen Boden, Wasser, Luft, Energie und biologische Vielfalt.

*We stand for a preventive preservation and responsible use of the bases of life, soil, water, air, energy, and biodiversity.*

## Lebensraum / *Living environment*

Wir setzen uns für eine umweltgerechte Entwicklung und den Schutz der Lebensräume in Stadt und Land ein.

*We support an environmentally benign development and the protection of living environments in urban and rural areas.*

## Lebensmittel / *Food*

Wir sorgen für die nachhaltige Produktion insbesondere sicherer und hochwertiger Lebensmittel und nachwachsender Rohstoffe.

*We provide for the sustainable production in particular of safe and high-quality foodstuffs and of renewable resources.*

### IMPRESSUM

Medieninhaber und Herausgeber:

Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft,  
Sektion Wasser, Marxergasse 2, 1030 Wien

Gesamtkoordination: **W. Schimon** (BMLFUW)

Mit Beiträgen von:

**W. Schöner, R. Böhm, K. Haslinger**  
(Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik)

**G. Blöschl, R. Merz, A. P. Blaschke, A. Viglione, J. Parajka, H. Kroiß, N. Kreuzinger**  
(Technische Universität Wien)

Wien, Dezember 2010

Layout: **T. Hörhan** (BMLFUW)

Copyright: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft

Alle Rechte vorbehalten

Bildnachweis: Lebensministerium

Gedruckt auf chlorfrei gebleichtem Papier und mit Pflanzenölfarben



GEDRUCKT MIT  
PFLANZENÖLFARBEN



lebensministerium.at

# **Anpassungsstrategien an den Klimawandel für Österreichs Wasserwirtschaft - Kurzfassung**

Studie der ZAMG und der TU Wien  
im Auftrag von Bund und Ländern

04.12.2010

Klimawandel findet statt. Die Bekämpfung der Ursachen des Klimawandels sowie die Anpassung an die Folgen des Klimawandels sind eine globale Herausforderung. Es ist mittlerweile anerkannt, dass die Wasserwirtschaft von den Folgen des Klimawandels betroffen ist - Ausmaß und Art der Betroffenheit sind jedoch stark von der jeweiligen Region abhängig.

Der globale Klimawandel macht auch vor Österreich nicht Halt. Um die Auswirkung auf die österreichische Wasserwirtschaft genauestens zu prüfen, hat mein Ressort gemeinsam mit den Bundesländern eine wissenschaftliche Studie beauftragt. Es freut mich, dass diese Studienergebnisse nun vorliegen und der Öffentlichkeit präsentiert werden können. Als gute Nachricht zeigt die Studie auf, dass die Auswirkungen des Klimawandels auf die österreichische Wasserwirtschaft nur gering sind. Bei den Hochwässern zum Beispiel ist die natürliche Variabilität wesentlich größer als die Änderung zufolge Klimawandel.



Da Österreich ein sehr wasserreiches Land ist, wird mit keinem großräumigen Mangel an Rohwasser für die Wasserversorgung gerechnet. Kleinräumig vorhandene Engpässe könnten sich aber verstärken. Der Klimawandel führt zu einer Erhöhung der Gewässertemperatur und damit ist mit Verschiebungen der Bioregionen, die durch bestimmte aquatische Lebensgemeinschaften charakterisiert sind, zu rechnen.

Auch wenn die Studie keine schwerwiegenden Auswirkungen durch den Klimawandel aufzeigt, ist es dennoch wichtig, unsere Gewässer laufend zu beobachten. Nur so können wir auf Veränderungen rechtzeitig reagieren. Ich wünsche Ihnen eine interessante Lektüre der Studie!

**DI Nikolaus BERLAKOVICH**

Umweltminister

Österreich war in den letzten Jahren von zahlreichen Naturereignissen betroffen, die in allen Bundesländern große Schäden verursacht haben. Vor allem die Hochwässer haben zu intensiven, auch medialen Diskussionen über Ursachen und Lösungsansätze geführt. Häufig wird dem Klimawandel pauschal die Schuld an der steigenden Zahl von Naturkatastrophen gegeben. Dabei werden oft voreilig Maßnahmen gefordert, ohne dabei auf wissenschaftlich abgesicherte und für die österreichischen Regionen geltende Fakten aufbauen zu können.



Den Bundesländern war es daher ein Anliegen, diese Diskussionen zu versachlichen und objektive Entscheidungsgrundlagen für nötige Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel zu schaffen. Mit der vorliegenden Studie ist es für den Bereich der Wasserwirtschaft gelungen, das vorhandene Wissen zum Klimawandel in Österreich auf den Tisch zu legen, zu bewerten und daraus die nötigen Schlüsse zu ziehen.

Aus der Studie geht hervor, dass Österreichs Wasserwirtschaft für die Veränderungen des Klimawandels gut gerüstet ist und keine dramatischen Folgen zu befürchten sind. Dies ist zum einen auf die günstigen natürlichen Voraussetzung in Österreich zurückzuführen, zum andern aber auch auf die hervorragende Arbeit, die in Österreich im Bereich der Wasserversorgung, des Hochwasserschutzes und des Gewässerschutzes in den letzten Jahrzehnten geleistet wurde.

Für jene Bereiche, wo sich ein Handlungsbedarf abzeichnet, werden die Länder gemeinsam mit dem Bund und den Gemeinden für entsprechende Lösungen sorgen. Ich bin überzeugt, dass wir alle gemeinsam auch diese Herausforderungen bewältigen und so unsere Verantwortung im Umgang mit dem Wasser auch zukünftig wahrnehmen können.

**Dr. Stephan PERNKOPF**

NÖ Landesrat für Umwelt, Landwirtschaft und Energie\*

---

\* stellvertretend für alle beteiligten Bundesländer

## **Inhaltsverzeichnis**

10 Thesen der österreichischen Wasserwirtschaft zum Klimawandel bis 2050 .....	0
1 Klimaänderung in Österreich – hydrologische Relevanz .....	1
1.1 Grundlagen für das Wissen über die Klimavergangenheit und hydrologische Auswirkungen .....	1
1.2 Skizzierte Klimavergangenheit der letzten 3 Jahrzehnte .....	1
1.3 Allgemeine Grundlagen für Aussagen über die Klimazukunft .....	1
1.4 Problematik der Klimaantriebe in den Modellen .....	1
1.5 Unsicherheiten .....	2
1.6 Situation in der Vergangenheit .....	2
1.7 Situation in der Zukunft .....	3
2 Hochwasser .....	4
2.1 Hochwasserauslösende Prozesse (allgemeine Grundlagen) .....	4
2.2 Situation in der Vergangenheit .....	4
2.3 Situation in der Zukunft .....	4
2.4 Anpassungsmaßnahmen .....	5
3 Wasserdargebot Oberflächenwasser .....	6
3.1 Situation in der Vergangenheit .....	6
3.2 Situation in der Zukunft .....	6
3.3 Anpassungsmaßnahmen .....	7
4 Niederwasser - Menge .....	8
4.1 Niederwasserauslösende Prozesse (allgemeine Grundlagen) .....	8
4.2 Situation in der Vergangenheit .....	8
4.3 Situation in der Zukunft .....	8
4.4 Anpassungsmaßnahmen .....	9
5 Wassertemperaturen in Flüssen .....	10
5.1 Situation in der Vergangenheit .....	10
5.2 Situation in der Zukunft .....	10
5.3 Anpassungsmaßnahmen .....	10
6 Geschiebepotential von alpinen Gewässern und Permafrost .....	11
6.1 Geschiebeauslösende Prozesse (allgemeine Grundlagen) .....	11
6.2 Situation in der Zukunft .....	11
6.3 Anpassungsmaßnahmen .....	11
7 Wasserdargebot Grundwasser - Menge .....	12
7.1 Prozesse der Grundwasserneubildung (allgemeine Grundlagen) .....	12
7.2 Situation in der Vergangenheit .....	12
7.3 Situation in der Zukunft .....	13
7.4 Anpassungsmaßnahmen .....	13
8 Seen (Menge, Temperatur, Qualität) .....	14
8.1 Prozesse im See (allgemeine Grundlagen) .....	14
8.2 Situation in der Vergangenheit .....	14
8.3 Situation in der Zukunft .....	15
8.4 Anpassungsmaßnahmen .....	15

9	Wasserkraft.....	16
9.1	Situation in der Vergangenheit .....	16
9.2	Situation in der Zukunft.....	16
9.3	Anpassungsmaßnahmen.....	16
10	Qualität von Wasserkörpern.....	17
10.1	Prozesse (allgemeine Grundlagen) .....	17
10.2	Situation in der Vergangenheit .....	18
10.3	Situation in der Zukunft.....	18
10.4	Anpassungsmaßnahmen.....	18
11	Nutzungs- und Bedarfsaspekte.....	19
11.1	Vorüberlegungen (allgemeine Grundlagen).....	19
11.2	Situation in der Vergangenheit .....	19
11.3	Situation in der Zukunft.....	20
11.4	Anpassungsmaßnahmen.....	21

# 10 Thesen der österreichischen Wasserwirtschaft zum Klimawandel bis 2050\*

## 1. Hochwasser

Es werden regional unterschiedliche Änderungen der Abflüsse bei Hochwässern erwartet, die im Bereich von -4% bis +10% liegen dürften. Die Unsicherheiten der Auswirkungen auf Extremereignisse sind jedoch relativ groß, besonders in kleinen Gebieten. Natürliche Schwankungen der Hochwässer sind wesentlich größer, als Änderungen aufgrund des Klimawandels. Die Einführung eines generellen Klimazuschlages für Bemessungswerte ist nach dem derzeitigen Stand nicht erforderlich.

## 2. Niederwasser

In den Alpen Österreichs werden die Abflüsse bei Winterniederwasser wegen höherer Lufttemperaturen deutlich erhöht, was als positiv zu betrachten ist. In den Flachlandregionen Ost- und Südösterreichs kann eine Abnahme der Abflüsse bei Niederwasser eintreten.

## 3. Gletscher

Der Rückgang der Gletscher wird sich fortsetzen. Der Abfluss aus Gletscherschmelze dürfte um die Jahre 2040-2050 sein Maximum erreichen. In unmittelbarer Nähe von Gletschern ist in diesem Zeitraum eine deutliche Zunahme der Sommerabflüsse zu erwarten, in größeren Einzugsgebieten ist der Einfluss nur in Trockenjahren relevant.

## 4. Grundwasser – Menge

Für den Süden Österreichs, wo eine Abnahme der Winterniederschläge erwartet wird, wie auch in den niederschlagsarmen Regionen im Osten Österreichs, ist künftig wieder eine Abnahme der Grundwasserneubildung wahrscheinlich. Im Norden und Westen Österreichs könnte die Grundwasserneubildung zunehmen.

## 5. Geschiebepotential

Lokal kann im Bereich der Dauerfrostgrenze das Geschiebepotential deutlich zunehmen. In größeren Einzugsgebieten liegt die erwartbare Zunahme weit unter den natürlichen Schwankungen.

## 6. Wassertemperaturen

Eine Zunahme der Temperaturen von Oberflächengewässern um ca. 0,8°C bis 2050 ist zu erwarten. Diese erhöhte Temperatur entspricht einer Verschiebung in der Seehöhe um ca. 100 m. Damit ist auch mit Verschiebungen der Bioregionen zu rechnen. Die Zunahme der Wassertemperatur konnte auch im Grundwasser gemessen werden. Bei der Beurteilung von Wärmeinleitungen (z.B. von Kraftwerken, die Flusswasser als Kühlwasser verwenden) ist diese Temperaturerhöhung zu berücksichtigen.

## 7. Oberflächenwassergüte

Durch eine geringere Wassermenge – wie es in den Flachlandregionen Ost- und Südösterreichs der Fall sein kann – werden bestimmte Stoffe, wie Schadstoffe, nicht mehr so stark verdünnt und würden in höherer Konzentration auftreten. Angesichts des hohen Standards bei der Abwasserreinigung ist nur in Einzelfällen eine punktuelle Verbesserung erforderlich.

## 8. Grundwasser – Güte

Das Grundwasser unterliegt Prozessen analog zu denen der Oberflächengewässer. Durch die Temperaturerhöhung laufen die Prozesse im Übergangsbereich zwischen Oberflächen- und Grundwasser etwas rascher und vollständiger ab, wodurch Änderungen in der chemischen Zusammensetzung möglich sind. Eine Weiterführung der bisherigen Grundwasserschutzpolitik ist angebracht.

## 9. Wasserkraft

Die Leistung der Laufkraftwerke dürfte im Winter zunehmen und sich im Sommer wenig ändern. Dadurch ergibt sich eine bessere Anpassung an den Verbrauch. Durch den Klimawandel ergibt sich für die Wasserkraft kein Handlungsbedarf.

## 10. Nutzungs- und Bedarfsaspekte

Aufgrund der hohen Wasserverfügbarkeit in Österreich und der zu erwartenden geringen Änderungen ist mit keinem großräumigen Mangel an Rohwasser für die Wasserversorgung zu rechnen. Kleinräumig könnten sich jedoch vorhandene Engpässe in Gebieten mit ungünstigem Wasserdargebot verstärken. Dies ist bei der Bewirtschaftung der Wasserressourcen zu berücksichtigen.

Wien, im Dezember 2010

---

\* Um die Auswirkungen des Klimawandels auf die Wasserwirtschaft wissenschaftlich fundiert darzulegen, hat das Lebensministerium, Sektion Wasser, gemeinsam mit den wasserwirtschaftlichen Abteilungen der Bundesländer die Studie „Anpassungsstrategien an den Klimawandel für Österreichs Wasserwirtschaft“ beauftragt. Die 10 Thesen sind die Konzentration der Aussagen auf das Wesentliche.

# **1 Klimaänderung in Österreich – hydrologische Relevanz**

## **1.1 Grundlagen für das Wissen über die Klimavergangenheit und hydrologische Auswirkungen**

Das Ziel dieses Textes ist die Beurteilung der Einflüsse des Klimawandels auf die Wasserwirtschaft. Andere, insbesondere anthropogene, Effekte werden hier zur besseren Fokussierung ausgeklammert. Manchmal sind jedoch klimainduzierte und anthropogene Effekte nicht leicht zu trennen.

Für die Untersuchung des derzeitigen und des vergangenen Klimas in Österreich wurden in letzter Zeit insbesondere von der ZAMG geprüfte und teilweise auch homogenisierte Messdatensätze erarbeitet (HISTALP, StartClim). Nur Datensätze dieser Qualität sollen für die Untersuchung von Klimaveränderungen verwendet werden, um Fehlinterpretationen zu vermeiden. Die Datensätze wurden bereits mehrfach einer eingehenden Analyse unterzogen und ergeben ein deutliches Bild der Klimaveränderungen in Österreich. Ein deutliches Ergebnis aus der Vergangenheit, das auch für die Zukunft übertragen werden kann, ist, dass die Jahr-zu-Jahr Änderungen des Klimas (der Temperatur, des Niederschlags, der Schneedeckendauer, etc.) viel größer sind als langfristige Trends des Klimas. Langfristige Trends bleiben daher oft nicht-signifikant.

## **1.2 Skizzierte Klimavergangenheit der letzten 3 Jahrzehnte**

Die Untersuchung des Klimas der Vergangenheit zeigt, dass in den 1970er Jahren eine markante Umstellung im Klimasystem für den Alpenraum stattgefunden hat. Seit damals liegt in ganz Österreich ein stark steigender Temperaturtrend vor. Beim Niederschlag, insbesondere im Nordosten Österreichs, fand ein markanter Trendwechsel statt. Es wird daher in der gesamten Studie die Periode 1976-2007 als Bezugsperiode für das gegenwärtige Klima verwendet.

## **1.3 Allgemeine Grundlagen für Aussagen über die Klimazukunft**

Aussagen über hydrologisch bedeutsame Klimakenngrößen für die Zukunft sind aus Klimamodellrechnungen abzuleiten und durch das Wissen aus der Vergangenheit zu beurteilen. Umfangreiche Klimamodellrechnungen (regionale Klimamodellierung unter Verwendung verschiedener globaler Antriebsmodelle und verschiedener Szenarien) für Österreich sind derzeit (Stand 2010) im Gange und können erst in Zukunft für Impactuntersuchungen verwendet werden. Derzeit muss noch auf Modellierungen aus verschiedenen Projekten (ohne speziellen Fokus auf Österreich) zurückgegriffen werden. Bis Mitte des 21. Jahrhunderts verhalten sich die unterschiedlichen Treibhausgasszenarien noch nicht signifikant unterschiedlich. Wesentliche Differenzen zwischen dem – bezogen auf die Wirkung – ungünstigsten (rein fossilen) und dem günstigsten (regenerative Energiequellen) Szenario ergeben sich erst in der 2. Hälfte des 21. Jahrhunderts.

## **1.4 Problematik der Klimaantriebe in den Modellen**

Es ist wichtig anzumerken, dass Klimamodelle für die Zukunft nur den menschlichen Einfluss auf das Klima in Form von Szenarien erfassen können. Alle Aussagen über die Klimazukunft werden wie folgt gewonnen: Modellläufe mit stetig steigendem anthropogenen Klimaantrieb werden mit Modellläufen mit fixem anthropogenen Klimaantrieb verglichen. Der natürliche Antrieb ist nicht vorhersagbar und findet daher keine Berücksichtigung in den Modellen, obwohl er sicherlich einen deutlichen Einfluss auf die Klimaveränderung hat – vor allem auf dekadische Anomalien. Man spricht daher nicht von Klimaprognose sondern von Klimaszenarien für den menschlichen Einfluss. Modellergebnisse dürfen nicht als „Langfristwettervorhersage“ (für alle Tage) angesehen werden. Man vergleicht

sinnvollerweise lediglich 30-jährige Klimastatistiken zu Beginn und am Ende eines Vorhersagezeitraums. Im Falle dieser Studie wird durchgehend die Ausgangsperiode 1976-2007 mit der Zukunftsperiode 2021-2050 verglichen. Die Aussagen dieser Studie gelten dementsprechend für mittlere Verhältnisse der Periode 2021-2050 im Vergleich zu 1976-2007, nicht jedoch für spezifische Einzeljahre oder Einzelereignisse. Als Globale Basis wurde das IPCC Multimodel Ensemble (CMIP3) verwendet, für das Herunterskalieren auf die regionale Skala von Österreich wurden die Ergebnisse der Modelle COSMO-CLM herangezogen und mit dem Modell REMO verglichen. Die Aussagen dieser Studie gelten dementsprechend für regionale Verhältnisse in Österreich, nicht jedoch für einzelne kleine und kleinste Einzugsgebiete.

## 1.5 Unsicherheiten

a) Generell besteht ein Gefälle bei der Sicherheit der Aussagen von Klimamodellen von großräumig-langfristig (gut) zu kleinräumig-kurzfristig (schlecht).

b) Ein analoges Gefälle besteht von Aussagen über die Lufttemperatur (gut) zu Aussagen über den Niederschlag (schlecht).

c) Extremwerte sind per Definition kleinräumig und kurzfristig weshalb sie sich nach dem derzeitigen State-of-the-art einer Vorhersage weitestgehend entziehen. Aus a) und b) folgt, dass das besonders für Extremwerte des Niederschlags gilt.

Wegen der Unsicherheiten ist es wichtig zu unterscheiden, in welchem Ausmaß den Beobachtungen, Modellergebnissen und sonstigen Überlegungen vertraut werden kann. Deswegen wird in dieser Studie durchgängig unterschieden, ob es sich bei den Aussagen um tragfähige (harte) Aussagen handelt bzw. weniger Vertrauen in diese Aussagen gelegt werden kann (mittelharte sowie weiche Aussagen).

Als weiterer Schritt im Umgang mit den Unsicherheiten wird versucht, möglichst unterschiedliche hydrologische Methoden zur Abschätzung der zukünftigen Situation heranzuziehen. Diese Methoden unterscheiden sich nicht nur in Hinblick auf die Modellannahmen, sondern grundsätzlich im Ansatz, der Datenbasis sowie den Annahmen. Beispiele sind die Trendanalysen auf Basis von Beobachtungsdaten, Szenarienanalysen auf Basis von Klimamodellrechnungen, Trading Space-for-Time auf Basis regionaler Information und die Elastizitätsmethode, die die beobachteten zeitlichen Schwankungen auswertet.

Außerdem werden die Anpassungsstrategien nicht nur auf Basis von Szenarien entwickelt, sondern auch auf Basis der Vulnerabilität der Wasserressourcen in den unterschiedlichen Regionen Österreichs, die nicht von den Klimaszenarien sondern von der bestehenden hydrologischen Situation abhängt.

## 1.6 Situation in der Vergangenheit

- Die Lufttemperatur hat in Österreich seit Mitte der 1970er Jahre deutlich (fast 1,5 °C) zugenommen. Es handelt sich dabei um einen für Österreich sehr einheitlichen Trend. Die Zunahme war stärker im Sommer (fast 2 °C) als im Winter (ca. 1 °C) (*harte Aussage*).
- Die Jahressummen des Niederschlags sind seit der Mitte der 1970er Jahre überall gestiegen, außer im Südosten, wobei die Zunahme im Norden und inneralpin monoton ansteigend war (mehr als 15% im Norden, ca. 10% inneralpin) und im Westen und Südosten stark durch dekadische Minima und Maxima geprägt war (*harte Aussage*).
- Die Winterniederschläge sind seit der Mitte der 1970er Jahre nördlich des Alpenhauptkammes etwas gestiegen und südlich des Alpenhauptkammes deutlich gefallen. In den anderen Jahreszeiten gab es tendenziell eine Zunahme des Niederschlags in ganz Österreich mit Ausnahme des Südens, wo die Trends sehr gering waren (*harte Aussage*).

## 1.7 Situation in der Zukunft

- Die Lufttemperatur wird in Österreich gemittelt über den Zeitraum 2021 bis 2050 gegenüber 1976-2007 um ca. 1° C steigen, wobei die Zunahme im Sommer stärker sein wird als im Winter (*harte Aussage*).
- Der Anteil des Schneeniederschlags und die Schneedeckendauer werden gemittelt über den Zeitraum 2021 bis 2050 gegenüber 1976-2007 weiter abnehmen. Die Veränderung von Schneeniederschlag und Schneedeckendauer ist stark von der Seehöhe abhängig und nicht-linear. Es bestehen beim Schnee große regionale Unterschiede, die sich einer komprimierten Beschreibung entziehen (*harte Aussage*).
- Gemittelt über den Zeitraum 2021 bis 2050 gegenüber 1976-2007 werden die Winterniederschläge insbesondere nördlich des Alpenhauptkammes eher zunehmen, die Sommerniederschläge werden eher abnehmen. Eine stärkere Veränderung des Niederschlags ist erst nach 2050 zu erwarten (*mittelharte Aussage*).
- Die potentielle und auch die aktuelle Verdunstung werden gemittelt über den Zeitraum 2021 bis 2050 gegenüber 1976-2007 zunehmen (*mittelharte Aussage*). Die Größenordnung der Änderung ist jedoch unsicher.
- Kleinräumige Änderung des Niederschlags sind ebenfalls zu erwarten (*weiche Aussage*). Die derzeitigen Modellergebnisse sind jedoch unzuverlässig und widersprüchlich.
- Die Aussage, dass Extremwerte des Niederschlags auf Grund der höheren Niederschlagssummen im Winter und des auf Grund physikalischer Zusammenhänge mit dem zu erwartenden Temperaturanstieg einhergehenden höheren Feuchtegehaltes der Atmosphäre im Sommer (konvektive Ereignisse) zunehmen ist derzeit spekulativ, da die bisherigen Niederschlagsdaten in Österreich mit ihrer räumlichen und zeitlichen Auflösung und Genauigkeit keine Hinweise auf eine Zunahme von Extremniederschlägen ergeben.

## 2 Hochwasser

### 2.1 Hochwasserauslösende Prozesse (allgemeine Grundlagen)

- Die hochwasserauslösenden Prozesse in Österreich unterscheiden sich je nach der Region. Die Größe der Hochwässer wird durch das Wechselspiel der Saisonalität von Niederschlag, Schnee und Abflussbereitschaft bestimmt (*harte Aussage*).
- Die Saisonalität der Hochwässer und deren Verschiebung bei Zunahme der Ereignisgröße sollten von Modellen klimainduzierter Änderungen der Hochwässer wiedergegeben werden können (*harte Aussage*).
- Auch zukünftig werden sich Hochwasserdekaden mit Dekaden, in denen kleinere Hochwasser auftreten, abwechseln und damit eine sehr große natürliche Variabilität bewirken. Dadurch werden die Interpretation von Trends und die Bestimmung von Bemessungswerten erschwert (*harte Aussage*).

### 2.2 Situation in der Vergangenheit

- Ergebnisse aus der Schweiz zeigen, dass die Häufung von Hochwässern in den letzten Jahren im Rahmen von Hochwasserdekaden früherer Jahrhunderte liegt (*mittelharte Aussage*).
- In den letzten 30 Jahren haben in etwa 20% der Einzugsgebiete in Österreich die Hochwässer zugenommen, besonders in kleinen Gebieten nördlich des Alpenhauptkammes (*harte Aussage*).
- Österreichweit haben die Winterhochwässer deutlich stärker zugenommen als die Sommerhochwässer. In nahezu keinen Gebieten haben in diesem Zeitraum die Hochwässer abgenommen. Diese Einschätzung stimmt mit Untersuchungen in Bayern und der Schweiz überein (*mittelharte Aussage*).
- Die Trends über die letzten 50 Jahre sind weniger deutlich (*mittelharte Aussage*).
- Die Trends über die letzten 100-150 Jahre zeigen, dass in manchen großen Einzugsgebieten (z.B. die Donau) die kleinen Hochwässer zugenommen haben, jedoch nicht die großen Hochwässer (*mittelharte Aussage*).

### 2.3 Situation in der Zukunft

- Prognosen über Hochwasseränderungen sind nach dem derzeitigen Kenntnisstand nicht möglich, da die zukünftige Entwicklung der Extremwerte des Klimas nicht ausreichend zuverlässig berechnet werden kann (*harte Aussage*).
- Szenarienrechnungen aus der Literatur über zukünftige Änderungen der Hochwässer an Österreichischen Flüssen unterscheiden sich erheblich (*harte Aussage*).
- Da Klimamodelle keine Aussagen über zukünftige Extremniederschläge machen können, sind die Unsicherheiten groß, besonders in kleinen Gebieten.
- Hier durchgeführte Wenn-Dann Szenarien, die die unterschiedlichen Mechanismen der Hochwasserentstehung und ihre Saisonalität abbilden (Änderung der Winter/Sommerniederschläge, Erhöhung der Schneefallgrenze, Erhöhung des Anteiles konvektiver Niederschläge, frühere Schneeschmelze und Erhöhung der Verdunstung) zeigen Änderungen der hundertjährigen Hochwässer in einem Bereich von -4 bis +10% und eine Verschiebung des jahreszeitlichen Auftretens der Hochwässer (frühere Frühjahrshochwässer, mehr Winterhochwässer) für einen Zeithorizont 2021-2050 im Vergleich zu 1997-2007 (*weiche Aussage*).

- Auf Basis der hier durchgeführten Wenn-Dann Szenarien (Zeithorizont 2021-2050 im Vergleich zu 1997-2007) ergeben die Mechanismen die folgenden Auswirkungen auf das hundertjährige Hochwasser (HQ<sub>100</sub>) (mögliche Änderungen des HQ<sub>100</sub> in % wenn jeder Mechanismus einzeln auftritt):
  - Schneefallgrenze steigt: 0 bis +4% (*mittelharte Aussage*).
  - Verschiebung des Zeitpunktes der Hochwässer (frühere Frühjahrshochwässer, mehr Winterhochwässer) (*harte Aussage*).
  - frühere Schneeschmelze, höhere Verdunstung: -5 bis +2% (*weiche Aussage*).
  - Änderung der Winter/Sommerniederschläge: -3 bis +2% (*weiche Aussage*).
  - Erhöhung der Konvektion: +2 bis +10% (*weiche Aussage*).
  - Kompensation der Einflüsse unterschiedlicher Mechanismen, sodass die gesamte Änderung nicht gleich der Summe der Einzeleinflüsse ist (*mittelharte Aussage*).

## 2.4 Anpassungsmaßnahmen

- Wenn Klimaimpactanalysen durchgeführt werden sollten sie verstärkt untersuchen, durch welche Mechanismen bestimmte Änderungen bewirkt werden, anstatt nur auf die Größe der Änderungen abzielen (*harte Aussage*).
- Die Befunde aus der Literatur sowie die für Österreich ausgewerteten Daten und Modellszenarien deuten darauf hin, dass die in der Vergangenheit eminent große Variabilität der Hochwässer auch in der Zukunft bei der Ermittlung von Bemessungswerten im Vordergrund stehen wird. Besonders in kleinen Gebieten ist die Unsicherheit von Bemessungswerten im derzeitigen Klima basierend auf traditionellen Bemessungsverfahren wesentlich größer als die hier diskutierten Änderungen zufolge Klimawandel. Bei der Bestimmung von Bemessungswerten des Hochwassers ist deshalb das Auftreten von Hochwasserdekaden zu berücksichtigen, und die Unsicherheit womöglich durch Verwendung einer möglichst weitreichenden Datenbasis zu reduzieren.
- Die Häufung der Hochwässer in den letzten Jahrzehnten liegt im Rahmen der natürlichen Variabilität von Hochwasserdekaden (kleinere Hochwässer in der erste Hälfte des 20. Jh., größere in der 2. Hälfte), aber auch ein Einfluss einer Klimaänderung ist nicht auszuschließen. Nach dem derzeitigen Wissensstand erscheint deshalb ein bundesweiter Zuschlag zu Bemessungswerten nicht notwendig.
- Die räumlichen Unterschiede der Hochwassertrends sind auf dem derzeitigen Wissensstand nur teilweise mit den Ergebnissen der Szenarienanalysen konsistent. Im Innviertel und Mühlviertel zeigen sowohl die beobachteten Trends der letzten 30 Jahre als auch die Szenarien eine Zunahme der Hochwasserdurchflüsse. Eine gewisse Verschiebung der Hochwässer vom Sommer in den Winter in diesen Regionen kann mit steigenden Lufttemperaturen zufolge Klimaänderung in Zusammenhang gebracht werden. Die Ergebnisse der Studie weisen darauf hin, dass eine Überprüfung der Bemessungswerte im Innviertel und Mühlviertel notwendig ist.
- In den anderen Regionen Österreichs können mögliche Änderungen der Hochwässer durch die bestehenden Abläufe bei der Aktualisierung von Bemessungswerten abgedeckt werden, sofern die Bemessung mit möglichst umfangreicher Information durchgeführt wird, die je nach Datenlage und Gebietsgröße aus einer Kombination von Hochwasserstatistik, regionaler Information, historischer Information und Niederschlag-Abflussmodellierung bestehen soll.

### 3 Wasserdargebot Oberflächenwasser

#### 3.1 Situation in der Vergangenheit

- Der Jahresabfluss im Zeitraum 1976-2007 zeigt für die meisten Pegel (81%) keine signifikanten Trends. Für einen Teil der Gebiete sind jedoch Trends abzulesen: im Süden fallende Trends, im östlichen Alpenraum steigende Trends und in Vorarlberg fallende Trends. Im Mittel für Österreich heben sich diese Trends ungefähr auf (9% der Pegel steigend, 10% fallend). Das grobe räumliche Muster von Jahresabfluss und Niederschlag ist zwar konsistent, aber generell gibt es beim Niederschlag eine wesentlich stärkere Tendenz zu Zunahmen als beim Abfluss (*harte Aussage*).
- Jahreszeitlich sind generell sinkende Sommerabflüsse zu verzeichnen, mit Ausnahme des Ostens Österreichs, wo die Abflüsse steigen. Im Frühjahr nehmen die Abflüsse in Kärnten ab. Im Herbst ist in den östlichen Teilen der Alpen eine Zunahme der Abflüsse festzustellen. Generell sind keine steigenden Winterabflüsse festzustellen (*harte Aussage*).
- Betrachtet man den längeren Zeitraum 1950-2007 ist ebenfalls die Anzahl der Pegel mit nicht signifikanten Trends der Jahresabflüsse groß. Die Pegel mit fallenden Trends überwiegen aber gegenüber den Pegeln mit steigenden Trends. Die fallenden Trends treten vor allem im Süden und Südosten Österreichs auf und finden sich in allen Jahreszeiten wieder, besonders im Frühjahr und Winter. Die räumlichen Unterschiede im Jahresabfluss stimmen gut mit dem Niederschlag überein (*harte Aussage*).
- Sensitivität: Im Flachland (besonders im Osten und Südosten) reagiert der mittlere jährliche Abfluss sensibler auf Änderungen des Niederschlags und der Lufttemperatur als im Alpenraum (*harte Aussage*).

#### 3.2 Situation in der Zukunft

##### Mittlerer Jahresabfluss

- Die natürliche Variabilität des mittleren jährlichen Abflusses zwischen den Jahren ist größer als die zufolge Klimaänderung im Zeitraum 2021-2050 zu erwartenden Änderungen (*mittelharte Aussage*).
- Die Änderungen des mittleren jährlichen Abflusses 2021-2050 im Vergleich zu 1976-2006 sind vermutlich kleiner als +/-5% (*mittelharte Aussage*).
- Im Südosten ist möglicherweise eine Abnahme des mittleren jährlichen Abflusses 2021-2050 im Vergleich zu 1976-2006 zu erwarten (<5%) (*weiche Aussage*).

##### Saisonalität des Abflusses

- In ganz Österreich mit Ausnahme des Südens ist eine Erhöhung der Winterabflüsse um ca. 20% zu erwarten (*mittelharte Aussage*).
- Im Osten (Flachland) ist eine Abnahme des Frühjahrsabflusses und im Westen (Alpen) eine Abnahme des Sommerabflusses um jeweils ca. 10-20% zu erwarten (*weiche Aussage*).
- Im Westen (Alpen) sind möglicherweise etwas frühere Abflussmaxima zu erwarten (Verschiebung von Mitte auf Anfang Juni). Im Süden sind möglicherweise spätere Abflussmaxima zu erwarten (Verschiebung vom Sommer in den Herbst). Im nördlichen Alpenvorland verschieben sich die Abflussminima möglicherweise vom Winter in den Sommer (*weiche Aussage*).

### Gletschereinfluss

- Insgesamt ist in Österreich mit einem Rückgang der Gletscher bis 2050 zu rechnen. Dadurch steigt die Gletscherschmelze weiterhin an (*harte Aussage*).
- Das Maximum der Gletscherschmelze dürfte um die Jahre 2040-2050 erreicht werden, wobei sich der Zeitpunkt des Maximums je nach Gletscher unterscheidet (*mittelharte Aussage*).
- Lokal betrachtet bewirkt die verstärkte Gletscherschmelze im unmittelbaren Gletscherbereich eine deutliche Zunahme der Abflüsse in den Sommermonaten bis zum Zeitpunkt des Maximums (*harte Aussage*).
- Regional betrachtet ist der Beitrag der Gletscherschmelze zum Wasserdargebot in durchschnittlichen Jahren vernachlässigbar. Deshalb sind die Änderungen zufolge Klimawandel sehr klein (*harte Aussage*).
- In Extremjahren kann der Beitrag der Gletscherschmelze zum Wasserdargebot und damit der Einfluss der Klimaänderung deutlich sein. Am Pegel Mittersill an der Salzach (552 km<sup>2</sup>) beispielsweise betrug er im Jahr 2003 ca. 15% (*mittelharte Aussage*).

### 3.3 Anpassungsmaßnahmen

- Wenn Klimaimpactanalysen durchgeführt werden, sollten sie verstärkt untersuchen, durch welche Mechanismen bestimmte Änderungen bewirkt werden, anstatt nur auf die Größe der Änderungen abzielen (*harte Aussage*).
- Es ist sinnvoll, Änderungen im Wasserdargebot der Oberflächenwasser mit mehreren Methoden zu untersuchen, die sich in Hinblick auf Daten und Annahmen unterscheiden, um die Zuverlässigkeit der Aussage zu erhöhen (*harte Aussage*). Trendanalysen, Szenarienanalysen, Elastizität (zeitlich), Trading space for time (räumlich) ergänzen sich.
- Die für 2021-2050 im Vergleich zu 1976-2006 zu erwartenden Änderungen im mittleren jährlichen Wasserdargebot der Oberflächenwasser sind vermutlich klein. Aus Sicht einer österreichweiten Bilanz ist zu erwarten, dass die erhöhte Verdunstung im Wesentlichen durch erhöhten Niederschlag ausgeglichen wird. Da die natürliche Variabilität des mittleren jährlichen Abflusses zwischen den Jahren größer als die zufolge Klimaänderung für 2021-2050 zu erwartenden Änderungen ist, erscheinen aus österreichweiter Sicht nicht grundsätzlich andere Bewirtschaftungsmaßnahmen in Hinblick auf das Wasserdargebot der Oberflächenwasser notwendig.
- Regional kann es aber durchaus zu Unterschieden kommen. Ebenso kann es jahreszeitlich zu deutlichen Verschiebungen kommen. Die Sensitivität des mittleren jährlichen Abflusses auf Änderungen des Niederschlags und der Lufttemperatur ist im Flachland (besonders im Osten und Südosten) wesentlich größer als im Alpenraum. Es wird deshalb empfohlen, diesen Regionen besondere Aufmerksamkeit zu schenken. Das sind auch die Regionen Österreichs, die schon jetzt relativ geringe Abflussspenden aufweisen (<10 l/s/km<sup>2</sup>) und in den letzten Jahren teilweise abnehmende Tendenzen des Abflusses zeigten. Welche wasserwirtschaftlichen Auswirkungen Engpässe beim Wasserdargebot haben könnten lässt sich am Jahr 2003 ablesen. Daher eignet sich dieses Jahr für Untersuchungen etwaiger Wasserknappheit.
- Da die derzeitige Kenntnis der aktuellen Verdunstung bei der Bestimmung des Wasserdargebots nicht ausreichend ist, sollten Messstellen eingerichtet werden, die die aktuelle Verdunstung direkt messen (Eddy Correlation).

## 4 Niederwasser - Menge

### 4.1 Niederwasserauslösende Prozesse (allgemeine Grundlagen)

- Die niederwasserauslösenden Prozesse in Österreich unterscheiden sich im Wesentlichen nach der Höhenlage: Sommerniederwässer im Flachland des Ostens und Winterniederwässer in den Alpen im Westen (*harte Aussage*).
- Diese Saisonalität ist bei der Interpretation des Einflusses der Klimaänderung auf Niederwässer zu berücksichtigen (*harte Aussage*).
- Das Niederwasserjahr 2003 eignet sich aus hydrologischer Sicht sehr gut für die Beurteilung von Niederwassersituationen bei Klimaänderung im Sommer, da dies ein extremes Jahr war, wie es auch in Zukunft auftreten kann (*harte Aussage*).

### 4.2 Situation in der Vergangenheit

- Unter 900 m Seehöhe haben in den letzten 30 Jahren in etwa 10% der Einzugsgebiete in Österreich die Niederwasserabflüsse ( $Q_{95}$ ) abgenommen, in den letzten 60 Jahren waren es 15%. Dem gegenüber haben nur in 5 bzw. 6% der Gebiete die Niederwasserabflüsse zugenommen. Eine Abnahme ist insbesondere im Süden und Südosten Österreichs festzustellen, sowie im Innviertel und zum Teil in Vorarlberg. (*mittelharte Aussage*).
- Über 900 m Seehöhe haben in den letzten 30 Jahren in etwa 14% der Einzugsgebiete in Österreich die Niederwasserabflüsse zugenommen, in den letzten 60 Jahren waren es 35%. Dem gegenüber haben nur in 3 bzw. 9% der Gebiete die Niederwasserabflüsse abgenommen. Eine Zunahme ist insbesondere in den Zentralalpen festzustellen (*harte Aussage*). Dies gilt auch für Gebiete ohne maßgebenden Einfluss von wasserwirtschaftlichen Speichern.
- Generell nahmen die Niederwasserabflüsse eher im Sommer ab und stiegen im Herbst (*mittelharte Aussage*).
- Die räumlichen Muster der Niederwassertrends sind mit denen der Mittelwassertrends korreliert (*mittelharte Aussage*).

### 4.3 Situation in der Zukunft

- In den Alpen Österreichs (hochgelegene Gebiete, Winterniederwasserregime) zeigen die Szenarienrechnungen eine deutliche Zunahme der Niederwasserabflüsse für den Zeitraum 2021-2050 im Vergleich zu 1976-2006. Die Zunahme beträgt etwa 10-25% (*harte Aussage*).
- In den niedrigen Gebieten Österreichs sowie im Alpenvorland geben die Szenarienrechnungen differenzierte Ergebnisse. In manchen Einzugsgebieten wird eine leichte Zunahme berechnet (z.B. Mühlviertel). In anderen Gebieten wird eine Abnahme der Niederwasserabflüsse von etwa 10-15% berechnet (z.B. Weinviertel, Nördliches Burgenland, Teile der Südsteiermark, Teile des niederösterreichischen Alpenvorlands). In Ausnahmefällen ist die Abnahme auch etwas größer. (*mittelharte Aussage*).
- Die Abnahme der Niederwasserabflüsse im Osten betrifft alle Jahreszeiten (*mittelharte Aussage*), die Zunahme im Westen hingegen den Winter und das Frühjahr (*harte Aussage*).

#### 4.4 Anpassungsmaßnahmen

- Die Befunde aus der Literatur sowie die für Österreich ausgewerteten Trendanalysen und Szenarienrechnungen zeigen, dass eine Zunahme der Niederwasserabflüsse in den Regionen zu erwarten ist, die durch ein Winterniederwasserregime geprägt sind (*harte Aussage*). Das sind vor allem die alpinen Gebiete. Aus wasserwirtschaftlicher Perspektive sind hier eher positive Effekte zu erwarten (z.B. Wasserkraft) und deswegen erscheinen keine Anpassungsmaßnahmen notwendig.
- In den restlichen Regionen (niedrigere Gebiete, Sommerniederwasserregime) deuten die Trendanalysen und die Szenarienrechnungen darauf hin, dass eine Abnahme der Niederwasserabflüsse zu erwarten ist (*mittelharte Aussage*). Diese Abnahme kann sich von Gebiet zu Gebiet unterscheiden und könnte in der Größenordnung von 10-15% liegen, in einzelnen Gebieten auch bis zu 25% (*weiche Aussage*). Da die natürliche Variabilität des Abflusses zwischen den Jahren größer als die zufolge Klimaänderung für 2021-2050 zu erwarteten Änderungen ist, erscheinen aus österreichweiter Sicht nicht grundsätzlich andere Bewirtschaftungsmaßnahmen der Oberflächenwasser notwendig. Eine Möglichkeit wäre, bereits geplante Maßnahmen betreffend Niederwasser in diesen Gebieten höhere Priorität zu geben und zeitlich vorzuziehen.
- Eine Orientierung über die wasserwirtschaftlichen Konsequenzen der Niederwassersituationen bei Klimaänderung im Sommer kann das Niederwasserjahr 2003 geben.
- In den Regionen Österreichs mit Sommerniederwasserregime soll bei neuen Bewilligungsverfahren auf das möglicherweise geringere Wasserdargebot Rücksicht genommen werden, und eventuell bestehende Bewilligungen angepasst werden.
- Geringere Abflüsse in Kombination mit höheren Wassertemperaturen können zu Wasserqualitätsproblemen bei Uferfiltrat und bei Oberflächengewässern führen. Hier sind im Einzelfall möglicherweise Aufbereitung des Uferfiltrats bzw. alternative Maßnahmen notwendig.
- Allenfalls sollen wasserwirtschaftliche Maßnahmen gesetzt werden, wie z.B. Speicherbewirtschaftung zur Aufhöhung der Niederwassersituation und die Einrichtung von Niederwasserprognosen (Frühwarnung).

## 5 Wassertemperaturen in Flüssen

### 5.1 Situation in der Vergangenheit

- Die Trendanalysen zeigen an allen Messstellen steigende Wassertemperaturen (*harte Aussage*).
- Im Sommer nehmen die Wassertemperaturen wesentlich stärker zu als im Winter (*harte Aussage*).
- Im Flachland nehmen die Wassertemperaturen etwas stärker zu als im Gebirge (*weiche Aussage*).
- Die Trendanalysen ergeben eine etwas stärkere Zunahme der Wassertemperaturen im Vergleich zu den Szenarienrechnungen. Die Trendanalysen ergeben für den Zeitraum 2021-2050 im Vergleich zur Periode 1976-2007 eine Zunahme von etwa 1°C (*mittelharte Aussage*).

### 5.2 Situation in der Zukunft

- Es wird eine generelle Zunahme der Wassertemperaturen erwartet (*harte Aussage*).
- Bei einer Zunahme der Lufttemperatur um 1 °C nimmt die Wassertemperatur im Mittel um ca. 0,8 °C zu (räumliche Auswertungen) (*mittelharte Aussage*).
- Es ist zu erwarten, dass in Österreich die Wassertemperaturen von 1976-2007 zu 2021-2050 im Mittel zwischen 0,6 °C und 0,9 °C zunehmen (*mittelharte Aussage*).
- Im Sommer ist die Zunahme wesentlich stärker als im Winter. Das ist konsistent mit den Trendanalysen. Im Sommer liegt die Zunahme bei etwa 0,7 °C bis 1,1 °C, im Winter bei etwa 0,4 °C bis 0,5 °C (*mittelharte Aussage*).
- Im alpinen Bereich ergeben die Simulationen etwas größere Zunahmen, wobei die Gletscherschmelze die Zunahmen reduzieren könnten (*weiche Aussage*).
- Eine Änderung der Wassertemperatur um 0,8 °C entspricht einer Seehöhendifferenz von etwa 100 m (räumliche Auswertungen) (*mittelharte Aussage*).

### 5.3 Anpassungsmaßnahmen

- Die zukünftig zu erwartenden höheren Oberflächenwassertemperaturen sind bei bestehenden und zukünftigen Wärmeeinleitungen zu berücksichtigen.

## 6 Geschiebepotential von alpinen Gewässern und Permafrost

### 6.1 Geschiebeauslösende Prozesse (allgemeine Grundlagen)

- Für das Geschiebepotential sind vor allem zwei klimarelevante Faktoren zu betrachten: die Lage der Permafrostgrenze sowie das Auftreten von Starkniederschlägen (*harte Aussage*).
- Die Änderung des Geschiebepotentials zufolge Erhöhung der Permafrostgrenze ist stark von den morphologischen Verhältnissen und den geotechnischen Eigenschaften der Gesteine abhängig (*harte Aussage*).

### 6.2 Situation in der Zukunft

- Mit einer Erhöhung der Permafrostgrenze zufolge Klimawandel ist zu rechnen (*harte Aussage*).
- Die Erhöhung der Permafrostgrenze könnte parallel mit der Erhöhung der Lufttemperatur laufen. Eine Erhöhung von 1 °C für den Zeitraum 2021-2050 im Vergleich zu 1976-2006 würde einer Erhöhung der Permafrostgrenze von etwa 150 m entsprechen (*weiche Aussage*).
- Die Änderung des Geschiebepotentials zufolge Erhöhung der Permafrostgrenze lässt sich derzeit nur sehr grob auf Basis von Flächenvergleichen abschätzen und dürfte – regional betrachtet – in der Größenordnung von 1% bis 3% liegen (*weiche Aussage*).
- Die vorliegenden Niederschlagsdaten in Österreich mit ihrer räumlichen und zeitlichen Auflösung und Genauigkeit geben keine Hinweise auf eine Erhöhung von Starkniederschlägen. Allerdings sind diese messtechnisch äußerst schwierig zu erfassen. Deswegen ist keine Auswirkung auf das Geschiebepotential ableitbar (*harte Aussage*).

### 6.3 Anpassungsmaßnahmen

- Lokal betrachtet könnte das Geschiebepotential im Bereich der Permafrostgrenze deutlich zunehmen. Deswegen sollte das erhöhte Geschiebepotential in kleinen Einzugsgebieten im Bereich der Permafrostgrenze berücksichtigt werden.
- Bei einer regionalen Betrachtung größerer Vorfluter dürfte hingegen die Zunahme des Geschiebepotentials zufolge Klimawandel klein sein. Gegen den Hintergrund der sehr großen natürlichen Variabilität des Geschiebetransportes wird deshalb kein Handlungsbedarf zufolge Klimaänderung gesehen.

## 7 Wasserdargebot Grundwasser - Menge

### 7.1 Prozesse der Grundwasserneubildung (allgemeine Grundlagen)

- In den folgenden Überlegungen werden die Porengrundwasservorkommen aus regionaler Sicht betrachtet.
- Die Grundwasserneubildung kann entweder durch Versickerung von Niederschlägen oder über die Versickerung von Oberflächenwasser erfolgen. Der Anteil an der Neubildung dieser beiden Prozesse ist in den einzelnen Grundwassergebieten sehr unterschiedlich. Die Größe der Grundwasserneubildung wird durch die Höhe des Niederschlags, das Klima, die Hydrogeologie, die Beschaffenheit der Gewässersohle und die Wassertemperatur bestimmt (*harte Aussage*).
- Vorwiegend kommt es im Frühjahr zur Grundwasserneubildung, welche auch in den Ganglinien des Grundwasserstandes deutlich zum Ausdruck kommt. Diese Saisonalität ist entsprechend auch bei den klimainduzierten Änderungen in den Eingangsgrößen (Niederschlag, Temperatur/Verdunstung, Abflüsse) zu berücksichtigen (*harte Aussage*).

### 7.2 Situation in der Vergangenheit

- Auswertungen der Langzeitentwicklung des Grundwasserstandes zeigen, dass das Trendverhalten in aufeinanderfolgenden Dekaden (1961-1970, 1971-1980, 1981-1990, 1991-2000, 2001-2006) häufig entgegengesetzt ist (*harte Aussage*). Deswegen sind Trends stark von den jeweils gewählten Zeitfenstern abhängig.
- Die Auswertungen der Zeitreihen 1976 bis 2006 zeigen, dass bei 19% der 2114 betrachteten Grundwassermessstellen die Jahresmittelwerte des Grundwasserstandes einen fallenden Trend und 12% einen steigenden Trend aufweisen (*harte Aussage*).
- Die Trends über die letzten 50 Jahre (645 Messstellen) zeigen einen größeren Prozentsatz (38%) an Messstellen mit fallendem Trend (*harte Aussage*).
- Die Abnahme der Winter und Frühjahrsniederschläge von Vorarlberg über Kärnten, Südsteiermark, Burgenland bis zur Donau spiegelt sich auch in einer Abnahme der Jahresmittelwerte der Grundwasserstände in vielen Messstellen dieser Regionen wieder. Der in den Sommer- und Herbstniederschlägen teilweise vorhandene positive Trend kann den fallenden Trend in den Grundwasserständen nicht kompensieren (*harte Aussage*).
- Die Abnahme der Abflüsse im Süden und Südosten zeigen sich auch in einer Abnahme des Grundwasserstandes in den gewässernahen Grundwasservorkommen. Inwieweit hier eine Überlagerung der Ursachen durch die errichteten Flusskraftwerke gegeben ist, müsste in Detailuntersuchungen analysiert werden (*weiche Aussage*).
- Im Grundwasservorkommen Parndorfer Platte und Seewinkel können die fallenden Trends im Grundwasserstand auch mit dem Einfluss von Grundwasserentnahmen (z.B. für landwirtschaftliche Bewässerung) zusammenhängen (*mittelharte Aussage*).
- Auffallend ist die starke Zunahme der Grundwasserstände im Süden des Südlichen Wiener Beckens im Zeitraum 1976 – 2006, welche auf eine Erhöhung der Abflüsse im alpinen Bereich zurückgeführt wird (*harte Aussage*).
- Erhöhte Abflüsse und Niederschläge in den Zentralalpen im Zeitraum 1976 – 2006 lassen auch eine Zunahme des Grundwasserdargebotes in den Karst- und Kluftgrundwasservorkommen erwarten (diese wurden hier aufgrund unzureichender Datenlage nicht untersucht) (*weiche Aussage*).
- Die Grundwassertemperaturen nahmen im Zeitraum 1976 – 2006 mit ganz wenigen Ausnahmen in den beobachteten Messstellen zum Teil deutlich zu (zwischen 0,3 °C bis 1,2 °C) (*harte Aussage*).

- Zwischen Lufttemperatur und Grundwassertemperatur lässt sich aus den Daten der Zeitreihe 1976 bis 2006 ein regionaler Zusammenhang von einem Anstieg von 0,5 °C bis 1,0 °C pro 1,0 °C Lufttemperaturzunahme ableiten, der jedoch von der lokalen Grundwassersituation stark beeinflusst wird (*mittelharte Aussage*).

### 7.3 Situation in der Zukunft

- Die Szenarienrechnungen mit dem Klimamodell CCM lassen für den Zeitraum 2021 - 2050 gegenüber 1976 – 2006 folgende regionale Auswirkungen auf die Grundwasservorkommen erwarten:
  - Für den Süden Österreichs (Kärnten, Steiermark), wo auch eine Abnahme der Winterschläge erwartet wird, ist mit einer Abnahme der Grundwasserneubildung zu rechnen (*mittelharte Aussage*).
  - Aufgrund der erhöhten Winter- und Frühjahrsniederschläge im Norden und Westen ist in diesen Regionen eher eine Zunahme der Grundwasserneubildung zu erwarten (*weiche Aussage*).
  - Durch die vermutlich geringe Zunahme der Niederschläge und der erwartenden Temperaturerhöhung sind in den niederschlagsarmen Regionen im Osten Österreichs eher sinkende Grundwasserstände zu erwarten (*weiche Aussage*).
- Prognosen über eine Änderung in den Grundwasserständen einzelner Messstellen sind nach dem derzeitigen Kenntnisstand nicht möglich, da diese von den sehr lokalen Verhältnissen geprägt werden (*harte Aussage*).
- Mit einer Zunahme der Grundwassertemperatur zwischen 0,2 °C und 1 °C ist zu rechnen, wobei der genaue Wert wieder von den lokalen Verhältnissen abhängt (*harte Aussage*).

### 7.4 Anpassungsmaßnahmen

- Eine Fortsetzung bzw. Intensivierung der Wasserwirtschaftlichen Planung der Grundwasservorkommen erscheint speziell in den niederschlagsarmen Regionen des Ostens und Südens Österreichs sinnvoll. Wegen der Klimaänderung könnte der Nutzungsdruck auf die Grundwasservorkommen erhöht werden. Deshalb können regional Strategien hinsichtlich der Deckung eines zu erwartenden vermehrten Wasserbedarfes notwendig werden.
- Wegen der zukünftig zu erwartenden höheren Grundwassertemperaturen wird eine Überprüfung von Einflussnahmen auf den Wärmehaushalt des Grundwassers bei zukünftigen Konsensen empfohlen.
- Das Messstellennetz zur Grundwasserstandsmessung sollte zumindest in diesem Umfang erhalten werden, um für die wasserwirtschaftlichen Planungsaufgaben die notwendigen Informationen zu erhalten bzw. zu verdichten. Das Messstellennetz zur Grundwassertemperaturmessung sollte in intensiv genutzten Gebieten verdichtet werden, um die Grundwassertemperatur und den zu erwartenden Anstieg besser dokumentieren und damit bessere Aussagen treffen zu können.
- Durch steigende Grundwasserstände könnten in Gebieten mit derzeit schon bestehenden Problemen bei Kellervernässungen diese zunehmen. Eine Überprüfung der Bebauungsvorschriften könnte in diesen Fällen notwendig werden. Eine Berücksichtigung bei der regionalen Raumplanung wird angeraten.

## 8 Seen (Menge, Temperatur, Qualität)

### 8.1 Prozesse im See (allgemeine Grundlagen)

- Der Haupteinfluss des Klimawandels auf die Seen liegt in der Veränderung der Energiebilanz des geschichteten Oberwassers und in einer zeitlichen Ausdehnung der produktiven Phasen infolge höherer Temperaturen (*harte Aussage*).
- Flache Seen mit Tiefen < 10 m weisen ein geringes Puffervermögen für die Auswirkungen einer Veränderung klimatischer Rahmenbedingungen auf. Tiefe Seen besitzen in der Regel ein hohes Puffervermögen gegenüber Einflüssen und zeigen eine höhere interne Stabilität (*harte Aussage*).
- Bei tiefen Seen > 10 m spielt die Durchmischung im Herbst und Frühjahr eine zentrale Rolle für den Stoffkreislauf. Nicht voll durchmischte Seen fungieren als Nährstofffallen, die erhebliche Mengen an Nährstoffen (N und P) in den tiefen undurchmischten Bereichen ablagern und somit dem Kreislauf entziehen. Sauerstoff gelangt im Gegenzug nicht in diese Bereiche. Bei voll durchmischten Seen wiederum gelangen die sedimentierten Nährstoffe in Folge der Durchmischung in die Wassersäule und damit wieder in den Kreislauf. Auch das Tiefenwasser wird mit Sauerstoff versorgt.
- Die Durchmischungscharakteristik wird von den Temperaturen des geschichteten Oberwassers und den Windbedingungen dominiert.
- Ein anfangs voll durchmischter See, der zu einem teildurchmischten See mit Nährstoffanreicherung im Tiefenwasser wird und zu einem späteren Zeitpunkt wieder voll durchmischt wird, wird als Konsequenz massive Nährstoffkonzentrationen im Oberwasser und Algenblüten aufweisen.
- Dem Erhalt seiner typischen Mischungscharakteristik kommt somit in Hinblick auf die Reaktion des Sees auf die Veränderung klimatischer Rahmenbedingungen eine zentrale Bedeutung zu (*harte Aussage*).

### 8.2 Situation in der Vergangenheit

- Die oberflächennahen Wassertemperaturen in den Seen Österreichs haben in den letzten Jahrzehnten generell zugenommen (*harte Aussage*).
- Der Bodensee (Obersee) kann in Hinblick auf Temperaturen und Durchmischung als Beispiel für tiefe, volldurchmischte Seen herangezogen werden:
  - In den letzten zwei Jahrzehnten hat sich der mittlere jährliche Wasserstand des Bodensees gegenüber den vorhergehenden Dekaden nicht verändert. Der Wasserstand im Sommer ist jedoch deutlich zurückgegangen, im Winter ist er angestiegen (*harte Aussage*).
  - Der am Bodensee deutlich erkennbare Anstieg der Lufttemperatur, führte zu einer geringfügigen Änderung der Durchmischungsvorgänge im See (Zeitraum der Durchmischung) (*mittelharte Aussage*).
- Neusiedler See:
  - In den Jahren 1991 – 2004 wurde eine Zunahme der Lufttemperatur von 0,7°C und eine Abnahme des Niederschlags von 6% gegenüber dem Vergleichszeitraum 1961 – 1990 registriert. In den letzten Jahren stieg der Niederschlag an (*harte Aussage*).
  - Durch diese Temperaturzunahme erhöhte sich die Verdunstung. Bei gleichzeitiger Niederschlagsabnahme stieg die Wahrscheinlichkeit der Unterschreitung markanter Seepiegel (*harte Aussage*).

### 8.3 Situation in der Zukunft

- Numerische Modelle können bisher keine gesicherte Aussage darüber treffen, ob es zu Änderungen in der Mischungscharakteristik der Seen kommt. Deshalb können für den Betrachtungszeitraum 2021-2050 keine gesicherten Aussagen über zu erwartende Beeinträchtigungen getroffen werden (*harte Aussage*).
- Je nährstoffärmer der See, desto weniger Nährstoffe und infolge der Kohlenstofffixierung auch weniger organischer Kohlenstoff stehen für den Kreislauf in Seen zur Verfügung und umso geringere Auswirkungen veränderter klimatischer Rahmenbedingungen auf die Qualität sind zu erwarten (*mittelharte Aussage*).
- Bodensee:
  - Die sommerlichen Wasserstände könnten sich in Zukunft reduzieren (*weiche Aussage*).
  - Die Szenarienanalysen zeigen, dass wärmere Winter zu stabileren Schichtungen und einer Reduktion des vertikalen Stoffaustausches führen könnten. Die Durchmischung dürfte aber weiterhin gegeben sein (*mittelharte Aussage*).
  - Winterliche Starkwinde wirken erst bei extrem häufigem Auftreten auf die Vertikalzirkulation, wobei ihr Einfluss von der Temperaturverteilung im See und von den übrigen hydrometeorologischen Größen abhängt (*mittelharte Aussage*).
- Neusiedler See:
  - Da die Wasserbilanz die Differenz zweier etwa gleich großer Zahlen (Niederschlag und Verdunstung) ist, sind die Prognosen der Wasserbilanz des Sees sehr unsicher (*harte Aussage*).
  - Das Szenario mit dem CLM Klimamodell (2021-2050 im Vergleich zu 1976-2007) ergibt eine Erhöhung der Lufttemperatur um ca. 1°C und eine Zunahme des Niederschlags um ca. 5%. Unter diesen Voraussetzungen bleibt der Seepegel annähernd gleich dem derzeitigen Zustand (*weiche Aussage*).

### 8.4 Anpassungsmaßnahmen

- Zur Beobachtung potentieller Klimaeinflüsse auf die Durchmischung von Seen wird - wenn nicht schon bisher umgesetzt (wie z.B. im Bodensee) - eine entsprechende Anpassung der Monitoringstrategie empfohlen (regelmäßige Tiefenprofile mit zumindest Temperatur und Sauerstoffmessungen).
- Wenn sich Einflüsse auf das Mischungsverhalten vollaufgemischter Seen ergeben, erlangt die Nährstoffsituation der Seen eine zusätzliche Bedeutung. Dies sollte auch bei der Gewässerschutzstrategie für die Seen berücksichtigt werden.
- Der Neusiedler See ist als Steppensee stark von einer Erhöhung der Temperaturen betroffen, da sich die Verdunstung erhöht und so der Wasserhaushalt des Sees beeinflusst wird. Es wird empfohlen, die Betriebsordnung entsprechend den Änderungen in den hydroklimatischen Verhältnissen anzupassen.

## 9 Wasserkraft

### 9.1 Situation in der Vergangenheit

- Derzeit ist der Erzeugungsschwerpunkt der Wasserkraft für Gesamtösterreich in den Sommermonaten, der Verbrauchsschwerpunkt der elektrischen Energie in den Wintermonaten (*harte Aussage*).
- In den letzten Jahrzehnten hat sich die saisonale Wasserführung der Donau (und damit das Wasserkraftpotential) etwas verschoben mit einer leichten Aufhöhung in den Wintermonaten und einer leichten Reduktion in den Sommermonaten, wodurch die Differenz zwischen Sommer und Winter etwas geringer geworden ist.

### 9.2 Situation in der Zukunft

- Die Änderungen des mittleren jährlichen theoretischen Wasserkraftpotenzials 2021-2050 im Vergleich zu 1976-2006 sind vermutlich kleiner als +/-5% (*mittelharte Aussage*).
- In ganz Österreich mit Ausnahme des Südens ist eine Erhöhung des Wasserkraftpotenzials im Winter um ca. 20% zu erwarten (*mittelharte Aussage*).
- Im Osten (Flachland) ist möglicherweise eine Abnahme des Wasserkraftpotenzials im Frühjahr und im Westen (Alpen) eine Abnahme des Wasserkraftpotenzials im Sommer um jeweils ca. 10-20% zu erwarten (*weiche Aussage*).
- Werden die Kennlinien der Erzeugung elektrischer Energie in Abhängigkeit vom Durchfluss ausgewählter Donaukraftwerke als repräsentativ für Österreich angesehen, so wird für das gesamte Jahr eine Zunahme der Leistung um 0,5% bis 2,5% abgeschätzt (2021-2050 im Vergleich zu 1976-2006) (*weiche Aussage*).
- Die Leistung der Laufkraftwerke dürfte im Winter zunehmen und sich im Sommer wenig verändern. Dadurch ergibt sich eine bessere Anpassung an den Verbrauch (*mittelharte Aussage*).

### 9.3 Anpassungsmaßnahmen

- Wegen der zu erwartenden eher günstigen Effekte des Klimawandels auf das Wasserkraftpotential wird kein Handlungsbedarf zufolge Klimaänderung gesehen.

## 10 Qualität von Wasserkörpern

### 10.1 Prozesse (allgemeine Grundlagen)

- Die Einflüsse einer Veränderung der klimatischen Rahmenbedingungen beruhen im Wesentlichen auf den Wassertemperaturen sowie den Niederwassermengen bei Oberflächengewässern und dem Wasserdargebot beim Grundwasser. Beide Aspekte führen als Abfolge einer Kausalkette zu sekundären Erscheinungen, welche direkt die Qualität der Wasserkörper beeinflussen.
- Löslichkeiten (z.B. Sauerstoff, Kohlendioxid-Löslichkeit), chemische Gleichgewichte (z.B. Ammoniak-Ammonium-Gleichgewicht) und die Geschwindigkeit chemischer, biochemischer und biologischer Prozesse (z.B. Wachstumsgeschwindigkeiten) werden wesentlich von der Temperatur mitbestimmt. Eine Zunahme der Gewässertemperaturen bewirkt somit eine relevante Veränderung bei diesen Prozessen und den daraus resultierenden quantitativen und qualitativen Ausprägungen. Dies führt zu einer Veränderung in den abiotischen Rahmenbedingungen für die biologischen Komponenten im Gewässer.
- Eine Verminderung des Abflusses insbesondere bei langen Trockenperioden führt nicht nur zu niedrigeren Wasserständen, sondern auch zu längeren hydraulischen Verweilzeiten. Dies spielt besonders dort eine entscheidende Rolle, wo die Fließgeschwindigkeiten schon bei normalem Abfluss gering sind (Stau, Restwasser, Seen, Gewässersohle, Sediment, Grundwasser). Es verlängert sich damit an jedem Punkt im Wasserkörper die Zeit für biologische und chemische Prozesse, sodass die Prozesse vollständiger ablaufen können.
- Eine Reduktion des Wasserdargebots in Oberflächengewässern und im Grundwasser vermindert das Verdünnungspotenzial für punktuell oder diffus eingetragene Stofffrachten, was bei unveränderten Frachten eine Erhöhung der Konzentrationen bewirkt.
- Für den Gewässerzustand spielen nicht nur die als Wassergüte definierten Immissionskriterien, sondern auch strukturell morphologische Elemente eine zentrale Rolle. Barrierefreiheit für Fischentwicklung und –migrationen, Beschattung und Niederwasserabfluss sind hier ebenso entscheidend wie die Konzentrationen an Immissionsparametern.
- Für die aquatischen Biozönosen sind sowohl die mittleren Temperaturen wie die Höchsttemperaturen relevant, weil sie sich an veränderte Temperaturbedingungen anpassen. Die Erhöhung der mittleren Temperaturen zufolge des Klimawandels alleine wird daher zu einer Anpassung führen, die für die Wassergütewirtschaft als „natürlich“ verursacht zu behandeln ist. Das ufernahe Grundwasser folgt der Temperaturganglinie im dotierenden Gewässer und ist von der Gewässerimmission sowie den biologischen und biochemischen Prozessen im Übergangsbereich zwischen Wassersäule und Grundwasser geprägt, die zufolge der Temperaturerhöhung rascher und vollständiger ablaufen werden.
- Die Betrachtungen der Auswirkung von Kläranlagen auf Gewässer erfolgt bereits heute nach dem kombinierten Emissions-Immissionsansatz. Wenn sich die Wirkung der Immission ändert, werden bei besonders empfindlichen Gewässern auch die Emissionsanforderungen angepasst werden müssen.

## 10.2 Situation in der Vergangenheit

- Für den Referenzzeitraum 1976-2007 kann eine deutliche Verbesserung der Wasserqualitäten in den Oberflächenwasserkörpern sowie im Grundwasser beobachtet werden, die vorrangig auf die legislativen und technischen Maßnahmen zum Gewässerschutz zurückzuführen sind. Die Wirkung der gleichzeitigen Zunahme der Luft- und Wassertemperaturen um ca. 0,5 bis 1 °C auf Grund des Klimawandels ist daher nicht bewertbar (*harte Aussage*).
- Die anthropogenen Einflüsse auf die Qualität von Wasserkörpern (Verschmutzung und Sanierung) erfolgten in der Vergangenheit wesentlich rascher als sich klimatische Rahmenbedingungen verändert haben (*harte Aussage*).

## 10.3 Situation in der Zukunft

- Je geringer die organische und trophische Belastung eines Wasserkörpers (Oberflächenwasser, Grundwasser) und je geringer die morphologischen Beeinträchtigungen der Oberflächenwasserkörper sind, desto geringer werden die Auswirkungen eines zu erwartenden Temperaturanstiegs auf die Wasser- und Gewässergüte sein (*harte Aussage*).
- Die zu erwartende Temperaturerhöhung in den Gewässern wird zu einer Anpassung der aquatischen Biozönosen führen, die Bioregionen werden sich daher verschieben (*harte Aussage*).
- In den Regionen Österreichs in denen Niederschlag und Verdunstung (Evapotranspiration) etwa gleich groß sind, ist die Prognose der Grundwasserneubildung mit großen Unsicherheiten behaftet. Die Vulnerabilität der davon betroffenen Grundwasserkörper bezüglich der Qualität (insbesondere Nitrat) bleibt deshalb hoch (*harte Aussage*).
- Für Gewässer, die heute im Grenzbereich zwischen Zielzustand und „mäßigem Zustand“ liegen, besteht ein erhöhtes Risiko, infolge der bis 2050 erwarteten Auswirkungen des Klimawandels den „guten Zustand“ zu verfehlen. Für Wasserkörper, die nach heutigen Kriterien den „guten Zustand“ aufweisen, ist nicht zu erwarten, dass der Klimawandel einen Handlungsbedarf auslösen wird (*mittelharte Aussage*).
- Es ist zu erwarten, dass sich auch in Zukunft die anthropogenen Einflüsse auf die Gewässerqualität rascher verändern als die prognostizierbaren Auswirkungen der Klimaänderung (*harte Aussage*).

## 10.4 Anpassungsmaßnahmen

- Dem Einfluss der Klimaänderung auf den Zustand von Oberflächen- und Grundwasser sollte bei zukünftigen Monitoringprogrammen in Form von langfristigen konsistenten Datenreihen verstärkt nachgegangen werden.
- Der Einfluss des Klimawandels bei der Nachführung der Bewirtschaftungspläne der Wasserrahmenrichtlinie ist zu berücksichtigen (im 6-Jahresrhythmus durchzuführende Evaluierung von Bewertungsansätzen, Zuständen und Maßnahmen).
- Die Anpassung der Natur an den Klimawandel (natürlicher Zustand) muss in den Leitbildern der Qualitätszielverordnung abgebildet werden. Wegen der Langsamkeit des Anpassungsprozesses stellt dies eine mittel- bis langfristige Perspektive dar.
- Zur Verminderung der Auswirkung der Klimaänderung auf Ammoniaktoxizität und Eutrophierung sollten die Emissionswerte der Parameter Ammonium und Gesamtposphor für die diesbezüglich sensiblen Flussgebiete Österreichs überprüft werden.

## 11 Nutzungs- und Bedarfsaspekte

### 11.1 Vorüberlegungen (allgemeine Grundlagen)

- In Österreich werden zurzeit etwa 3% der erneuerbaren Wassermengen direkt entnommen und genutzt. Dies sind etwa 2,6 Milliarden m<sup>3</sup> pro Jahr. Davon entfallen etwa 60% auf die Industrie (inklusive Kühlwasser), 35% werden für die Trinkwasserversorgung genutzt und etwa 5% in der Landwirtschaft.
- Durch eine Förderung des Bewusstseins der Bevölkerung zum schonenden Umgang mit der Ressource Wasser und der Installation von wassersparenden Geräten im Haushalt konnte der durchschnittliche Wasserverbrauch der Haushalte gesenkt werden.
- Regionale Unterschiede im Wasserverbrauch resultieren aus demographischen Entwicklungen wie etwa einer Zu- und Abnahme der Bevölkerungszahlen, dem Auspendeln der Einwohner oder der Nutzung von Liegenschaften als Zweitwohnsitz.
- Für Bemessungen von Einrichtungen der Siedlungswasserwirtschaft sind anthropogene Veränderungen bedeutsamer und rascher als klimatisch bedingte. Dimensionierung und Funktion technischer Anlagen werden durch Minima der Temperaturen und hydraulische Maxima bestimmt, für die die Klimamodelle derzeit keine gesicherten Aussagen treffen können.
- Die Entwicklung der Bemessungsansätze für den Umgang mit Wasserdargebot und Bedarf, die technische Infrastruktur sowie die legislativen Rahmenbedingungen haben in Österreich die Versorgungssicherheit für alle Nutzungsaspekte und die Durchsetzung eines strengen Vorsorgeprinzips auf ein sehr hohes Niveau geführt, sodass aus den Klimaszenarien kein gesicherter Bedarf für Änderungen abgeleitet werden kann.
- Dort wo Änderungen des Niederschlagverhaltens zufolge des Klimawandels auf die Bemessung Einfluss haben könnten (z.B. Kanalbemessung) sind sie indirekt berücksichtigt, da die Bemessungsregen statistisch aus den vorhandenen Datenreihen abgeleitet werden. Nachdem die Klimamodelle derzeit keine Aussagen über die statistische Verteilung von Starkregen erlauben, sind daraus auch keine Änderungen ableitbar.

### 11.2 Situation in der Vergangenheit

- Trotz des generell sehr hohen Wasserdargebots in Österreich kommt es regional und lokal zu quantitativen und vereinzelt qualitativen Engpässen in der Bedienung von Nutzungswünschen und bei der Bedarfsabdeckung. Die Ursachen dafür liegen vor allem in der unterschiedlichen Verteilung der Niederschläge und geologischen Gegebenheiten im Bundesgebiet (*harte Aussage*).
- Im Haushaltsbereich wird heute von einem Wasserbedarf von 130 Liter pro Einwohner und Tag ausgegangen. Damit hat sich der durchschnittliche Bedarf von 150 Liter pro Einwohner und Tag in den letzten 20 Jahren um 20 Liter verringert (*harte Aussage*).
- Die Kosten für Brauch- und Prozesswasser im Zusammenhang mit einem modernen Wärme- und Stoffstrommanagement stellen bereits heute einen wesentlichen Kostenfaktor für die Industrie dar, sodass in diesem Sektor eine starke Tendenz zur Kreislaufführung und damit zur Verringerung des Wasserbedarfes beobachtet werden kann (*harte Aussage*).
- Die Veränderungen der Ansprüche der Gesellschaft an die Wasserversorgung und -nutzung haben die Bemessungsansätze der Siedlungswasserwirtschaft dominiert und rascher und wirkungsvoller Anpassungsmaßnahmen verursacht als dies durch die Veränderung der klimatischen Bedingungen erwartet werden kann (*harte Aussage*).

- Die Versorgungssituation im heißen und durch eine besonders lange Trockenperiode charakterisierten Sommer 2003 kann für alle Aspekte des Wasserbedarfs sowie der Nutzungsaspekte als Kriterium für die Gewährleistung der Versorgungssicherheit herangezogen werden (*harte Aussage*).

### 11.3 Situation in der Zukunft

- Aufgrund der hohen Wasserverfügbarkeit in Österreich ist von keinem durch Klimaszenarien abgesicherten großräumigen Mangel an Rohwasser für die Wasserversorgung auszugehen (*harte Aussage*).
- In den Regionen, die bezüglich des Wasserdargebotes ungünstige Rahmenbedingungen für die Versorgung und Nutzung aufweisen, wird allerdings die Vulnerabilität steigen oder bestenfalls gleich bleiben (*harte Aussage*).
- Auf lokaler Ebene ist besonders für kleine Versorgungseinheiten mit ungünstigen Rahmenbedingungen (z.B. keine ausreichenden Rohwasservorkommen infolge geologischer Verhältnisse, keine Pufferung des Spitzenwasserbedarfs durch kurze Leitungslängen, keine Redundanz durch Vernetzung) eine Beeinträchtigung der Versorgungssicherheit zu befürchten (*mittelharte Aussage*).
- Durch die weitere Verbreitung wassersparender Technologien ist mit einem weiteren Sinken des durchschnittlichen Wasserbedarfs in den Haushalten zu rechnen, wenn die in anderen Regionen Europas bereits beobachteten Trends auch in Österreich wirksam werden (*mittelharte Aussage*).
- Eine regional unterschiedliche Zunahme des Wasserbedarfs für Gartenbewässerung ist zu erwarten (*mittelharte Aussage*).
- Qualitative Beeinträchtigungen in der Wasserversorgung sind als Folge vermehrten Bakterienwachstums durch höhere Temperaturen in den Versorgungsleitungen sowie erhöhtem Eintrag von AOC (assimilierbarem organischen Kohlenstoff aus Rohwasser) nicht auszuschließen. Beide erhöhen die Gefahr der Wiederverkeimung von Trinkwasser (*weiche Aussage*).
- Durch die Erhöhung der Lufttemperaturen kommt es zu einer Erhöhung der Evapotranspiration und damit auch des Pflanzenwasserbedarfs landwirtschaftlicher Kulturen (*harte Aussage*). Der dadurch bewirkte zusätzliche Wasserbedarf wird möglicherweise durch zunehmende Niederschläge kompensiert (*weiche Aussage*). Anderenfalls entsteht ein erhöhter Bewässerungsbedarf, der durch Änderung der Bewirtschaftungsform kompensiert werden könnte (*weiche Aussage*).
- Bedingt durch die höheren Gewässertemperaturen wird es bei der Nutzung von Oberflächenwasser als Kühlwasser dort zu Einschränkungen im Kraftwerksbetrieb bzw. in der Industrie kommen, wo schon heute die zulässige Aufwärmung der Gewässer weitgehend oder zur Gänze ausgeschöpft ist. Schon heute auftretende Beschränkungen werden vermehrt auftreten (*harte Aussage*).
- Die Veränderungen der Niederschlagshöhe und der zeitlichen Verteilung der Niederschläge über das Jahr hat eine Veränderung der Belastung der Gewässer durch Regenentlastung von Mischkanalnetzen sowie von Regenwasserabflüssen aus den Regenwasserkanälen von Trennsystemen zur Folge (*weiche Aussage*). Die Quantifizierung der klimabedingten Veränderungen ist mit den derzeitigen Klimamodellen jedoch nicht möglich.

## 11.4 Anpassungsmaßnahmen

- Es wird empfohlen, die Erfahrungen aus dem Sommer des Jahres 2003 in Hinblick auf Nutzungs- und Versorgungsengpässe auszuwerten um daraus Schlüsse für Maßnahmen zur Erhöhungen der Redundanz abzuleiten.
- Für die Dokumentation der Auswirkungen klimatischer Veränderungen und für zukünftige wasserwirtschaftliche Entscheidungen ist eine solide Datenbasis erforderlich. Das wasserwirtschaftliche Monitoring ist in Hinblick auf die Beantwortung quantitativer und qualitativer Fragestellungen zu überprüfen und gegebenenfalls zu adaptieren. Auch die Nutzer sollen zur besseren Dokumentation ihrer Verbräuche angehalten werden.
- Die zukünftig zu erwartenden höheren Oberflächen- und Grundwassertemperaturen sind bei bestehenden und zukünftigen Wärmeeinleitungen zu berücksichtigen. Die Überlegungen sollen alternative Verfahren für die Kühlung, Variantenuntersuchungen und Ausnahmegewilligungen für Extremsituationen umfassen.
- Wasserversorgungsanlagen in Regionen die bezüglich des Wasserdargebotes ungünstig sind, sollten sich um ein zweites Standbein oder Vernetzung bemühen. Für Einheiten, deren Anschluss an zentrale Anlagen wirtschaftlich nicht realisierbar ist, sollen Engpasswasserversorgungsmöglichkeiten konkretisiert werden.
- Für den Fall von Nutzungskonflikten in Zeiten von Engpässen sind bereits vorsorglich Priorisierungen der Wassernutzung zu überlegen



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