

# Auswirkungen des Klimawandels und mögliche Anpassungsstrategien

Erste Standortbestimmung



 **Baudirektion  
Kanton Zürich**

AWEL Amt für  
Abfall, Wasser, Energie und Luft

## **Herausgeber und Bezugsquelle**

Der vorliegende Bericht ist ein gemeinsamer Auftrag des Amtes für Abfall, Wasser, Energie und Luft des Kantons Zürich (AWEL) und der Kommission Umwelt (Plattform Klimaschutz und Energie) der Internationalen Bodenseekonferenz IBK.

Die inhaltliche Verantwortung trägt das beauftragte Unternehmen Ernst Basler + Partner AG.

Bezugsquelle:

AWEL Abteilung Energie, 8090 Zürich

Tel. 043 259 42 66, Fax 043 259 51 59

E-Mail: [energie@bd.zh.ch](mailto:energie@bd.zh.ch), download: [www.energie.zh.ch](http://www.energie.zh.ch)

Kontakt IBK

Geschäftsstelle Internationale Bodenseekonferenz

Benediktinerplatz 1

D-78467 Konstanz

Tel. +49-(0)7531-52722

[info@bodenseekonferenz.org](mailto:info@bodenseekonferenz.org), [www.bodenseekonferenz.org](http://www.bodenseekonferenz.org)

Dezember 2007

---

# **Auswirkungen des Klimawandels und mögliche Anpassungsstrategien**

**Erste Standortbestimmung**



# Zusammenfassung

## Einleitung

Der Mensch ist mit hoher Wahrscheinlichkeit der Hauptverursacher der Klimaänderung. Davon betroffen sind in den kommenden Jahren auch der Kanton Zürich und der Bodenseeraum. Die Temperatur wird bis 2050 weiter ansteigen. Mit der Klimaänderung wird auch eine Zunahme von extremen Wetterereignissen wahrscheinlicher: Hochwasserereignisse, Murgänge oder auch Trockenperioden werden künftig häufiger auftreten. Diese Ereignisse haben vielfältige Folgen für Umwelt, Wirtschaft und Gesellschaft.

## Klimawandel und Auswirkungen

Der Klimabericht 2007 des Beratenden Organs für Fragen der Klimaänderung der Schweiz OcCC stellt fest, dass die Temperatur auf der Alpennordseite im 20. Jahrhundert stärker zugenommen hat als im globalen Mittel. Ebenfalls zugenommen haben die Intensivniederschläge. Grundsätzlich häufen sich die Extremereignisse. Allerdings kann noch nicht abgeschätzt werden, ob es sich dabei tatsächlich bereits um einen Trend handelt.

Bis 2050 werden die mittleren Wintertemperaturen um knapp 2 °C, die Sommertemperaturen um rund 3 °C ansteigen. Im Gegensatz zur Temperatur ändert sich der Jahresgang der Niederschlagsmengen deutlich: im Winter wird mit einer Zunahme von rund 10%, im Sommer mit einer Abnahme von gut 20% gerechnet. In Zukunft ist nicht nur mit einer Zunahme, sondern auch einer Intensivierung von Extremereignissen zu rechnen.

## Folgen des Klimawandels

Vom Klimawandel direkt oder indirekt betroffen sind viele Bereiche der Umwelt, Wirtschaft und Gesellschaft. Der Klimawandel bis 2050 wird die Lebensraumsicherheit im Kanton Zürich resp. im Bodenseeraum nicht grundsätzlich gefährden. Und die Nutzung der Ökosysteme wird den grösseren Einfluss auf ihre Schutzfunktion gegenüber Naturgefahren haben als die Klimaänderung. Die Landwirtschaft wird von einer geringen Temperaturerhöhung profitieren, eher problematisch hingegen dürfte sich die erwartete Zunahme der Witterungsvariabilität und der Extremereignisse auswirken. Stärker betroffen als von der Klimaänderung dürfte die Landwirtschaft künftig eher vom Strukturwandel und der Marktliberalisierung sein. Einen spürbaren Einfluss hat die Klimaänderung jedoch auf die Wasser-

und Energiewirtschaft sowie Bauten und Infrastrukturen. Vermehrte Hitze- wellen und Atemwegserkrankungen werden die Gesundheit und Leistungsfähigkeit der Menschen negativ beeinflussen. Die Versicherungen stellen eine Zunahme der Schadenskosten fest. Der Anteil der Klimaänderung an dieser Entwicklung ist jedoch unbekannt.

Es wird Nationen geben, deren Anpassungsfähigkeit künftig überfordert sein wird. Dazu werden der Kanton Zürich und die IBK-Region zwar nicht gehören. Weil aber der Klimawandel bestehende Umwelt- oder politische Krisen verstärken kann, dürften Umwelt- und politische Migration zunehmen.

### Handlungsfelder bezüglich Klimawandel

Eine Umfrage bei Fachexperten zeigt, dass praktisch alle in diesem Bericht behandelten Bereiche der Umwelt, Wirtschaft und Gesellschaft von den Auswirkungen – insbesondere den Extremereignissen – des Klimawandels künftig betroffen sein werden und deshalb strategische Massnahmen als sinnvoll erachtet werden. Die Umfrage zeigt auch, dass diese Massnahmen aufgrund des verfügbaren Wissensstandes bezüglich den Auswirkungen des Klimawandels bereits heute in verschiedenen Bereichen eingeleitet werden können, dass aber bezüglich der Stärke und der Geschwindigkeit dieser Auswirkungen auf regionaler Ebene noch genauere Klimaprognosen wünschenswert wären. Naturgemäss wird man aber auch künftig mit grossen Unsicherheiten bezüglich Eintretenswahrscheinlichkeit und Ausmass leben müssen.

Bereich	Bisherige Strategie/Massnahmen	Allfälliger Handlungsbedarf aufgrund zu erwartender Auswirkungen des Klimawandels
<b>Landökosysteme</b>	Biodiversität	
	Naturschutz-Gesamtkonzept	Vergrösserung und Vernetzung von Naturschutzgebieten und naturnahen Flächen Förderung einer integrativen Landnutzung
	Wald	
	Aufbau von Mischwäldern	Bewirtschaftung von Steillagen und entlang von Gewässern sicherstellen
<b>Landwirtschaft</b>		Regelung der Entnahme von Bewässerungswasser
<b>Wasserwirtschaft</b>	Hochwasser	
	Nachhaltiger Hochwasserschutz	Ausreichend Reserven für künftige Entwicklung vorsehen und um Unsicherheiten vorzubeugen
	Gewässerökologie	

Bereich	Bisherige Strategie/Massnahmen	Allfälliger Handlungsbedarf aufgrund zu erwartender Auswirkungen des Klimawandels
		Zielkonflikte mit Landwirtschaft und Energie bereinigen
	Wasserversorgung	
	Trinkwasserverbünde	Zusammenschlüsse von Wasserversorgungen in schlecht vernetzten Gebieten
	Abwasserentsorgung	
		Handlungsbedarf bei Hoch- (Management des Abwassers) und Niedrigwasser (Management Verdünnungsverhältnis)
<b>Gesundheit</b>		Monitoring gesundheitsrelevanter Auswirkungen des Klimawandels
<b>Energie</b>		Anpassung der Strategien der Elektrizitätswerkbetreiber und für die Bewirtschaftung der Stauseen, Zielkonflikte mit Wasserwirtschaft und Landwirtschaft bereinigen
<b>Bauten und Infrastrukturen</b>		Raumplanerische Massnahmen, Objektschutz, Normen/-vorschriften kontinuierlich anpassen
<b>Versicherungen</b>		Gesellschaftliche/politische Rahmenbedingungen schaffen, um Folgen von Extremereignissen zu minimieren Berücksichtigung von Unsicherheitsmargen bei Risikoanalysen

Allerdings haben die Massnahmen auch ihre Grenzen: Räume, wo sich Menschenleben und Sachwerte nicht mehr mit vernünftigem Aufwand schützen lassen, sollten wieder der Natur oder der Landwirtschaft überlassen werden. Solche Gefahrenzonen sind mit raumplanerischen Mitteln zu sichern.

Weiter zeigen die Analysen, dass eine Reihe von Massnahmen bezüglich Klimawandel und anderen Bereichen konkrete Zielkonflikte beinhalten. Aus diesem Grund wird auch der interdisziplinären und amts-übergreifenden Zusammenarbeit sowie der Kommunikation neuer Erkenntnisse aus dem Bereich der Klimaforschung eine hohe Bedeutung attestiert.

Für die weitere Bearbeitung ist innerhalb der Baudirektion des Kantons Zürich eine Plattform vorhanden, um die Konkretisierung der Strategien koordiniert weiterzuentwickeln.

Innerhalb der IBK bietet sich die Kommission Umwelt an, um die Entwicklungen länderübergreifend zu beobachten und den Erfahrungsaustausch sicherzustellen.

## Vorwort

Der vorliegende Schlussbericht schliesst das Projekt 'Klimaauswirkungen im Kanton Zürich und im Gebiet der Internationalen Bodenseekonferenz' der Auftraggeber Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft des Kantons Zürich (AWEL) sowie der Internationalen Bodenseekonferenz (IBK) ab.

Der Bericht beschreibt den künftigen Klimawandel, dessen Auswirkungen und die möglichen Folgen für verschiedene Bereiche der Umwelt, Wirtschaft und Gesellschaft. In diesen identifiziert das Projekt mögliche Handlungsfelder und Massnahmenansätze im Zusammenhang mit Anpassungsstrategien aus Sicht des AWEL und der IBK. Prävention im Sinne des Klimaschutzes ist nicht Bestandteil dieses Projektes. Der erste Teil des Berichtes<sup>1</sup> betrifft den Kanton Zürich und die IBK-Region gleichermassen, im zweiten Teil<sup>2</sup> ist der Fokus stärker auf den Kanton Zürich gerichtet. Für die übrigen Teile des IBK-Raumes dürften aber die Schlussfolgerungen weitgehend analog sein.

Die grosse Herausforderung dieses Projektes bestand darin, diese interdisziplinäre Thematik möglichst kohärent und umfassend sowie im Sinne einer ersten, vorläufigen Standortbestimmung darzustellen. Die Zielgruppen sind primär die Fachstellen der beteiligten Ämter.

Ein Dank geht an die Experten der verschiedenen Ämter des Kantons Zürich sowie der beteiligten Ämter in der IBK-Region, die an der Umfrage im Rahmen dieses Projektes teilgenommen haben (siehe Anhang A3).

---

<sup>1</sup> Kapitel 1-3

<sup>2</sup> Kapitel 4 und 5



# Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung .....	4
1.1	Ausgangslage.....	4
1.2	Projekt.....	5
1.2.1	Zielsetzung .....	5
1.2.2	Abgrenzung .....	6
1.2.3	Terminologie .....	6
1.3	Lösungsansatz und Vorgehen .....	8
1.4	Genauigkeit der Aussagen.....	9
2	Klimawandel und Auswirkungen .....	10
2.1	Einleitung .....	10
2.2	Globaler Klimawandel und dessen Auswirkungen.....	11
2.2.1	Physikalische Grundlagen .....	11
2.2.2	Auswirkungen .....	12
2.2.3	Anpassung .....	13
2.3	Klimawandel in der Schweiz und der IBK-Region und dessen Auswirkungen .....	14
2.3.1	Beobachtungen im 20. Jahrhundert.....	14
2.3.2	Szenario 2050 .....	17
2.3.3	Extremereignisse.....	19
3	Folgen des Klimawandels für Umwelt, Wirtschaft und Gesellschaft ..	27
3.1	Identifikation potenziell betroffener Bereiche.....	27
3.2	Landökosysteme.....	28
3.2.1	Biodiversität.....	28
3.2.2	Wald .....	30
3.3	Landwirtschaft.....	32
3.4	Wasserwirtschaft .....	33
3.4.1	Abflüsse .....	33
3.4.2	Gewässerökologie .....	35
3.4.3	Grundwasser .....	36
3.4.4	Wasserversorgung .....	38
3.4.5	Abwasserentsorgung .....	38
3.5	Gesundheit.....	39
3.6	Tourismus.....	40
3.7	Energie.....	42
3.7.1	Einleitung .....	42
3.7.2	Energieverbrauch.....	42
3.7.3	Elektrizitätsproduktion .....	43
3.8	Bauten und Infrastrukturen.....	44
3.8.1	Einleitung .....	44

3.8.2	Hochbau .....	44
3.8.3	Tiefbau.....	45
3.8.4	Städtische Siedlungen .....	45
3.9	Versicherungen .....	45
3.10	Volkswirtschaft.....	47
3.10.1	Einleitung .....	47
3.10.2	Nationale Einflüsse .....	47
3.10.3	Internationale Einflüsse.....	48
3.10.4	Gerechtigkeit zwischen den Generationen.....	49
3.11	Sicherheitspolitik .....	49
3.12	Synthese .....	50
3.12.1	Die Veränderungen kommen schleichend.....	50
3.12.2	Klimawandel und Extremereignisse.....	50
4	Mögliche Handlungsfelder und Massnahmenansätze bezüglich Klimawandel .....	52
4.1	Einleitung.....	52
4.2	Vorgehen .....	53
4.3	Landökosysteme.....	56
4.3.1	Biodiversität .....	56
4.3.2	Wald .....	57
4.4	Landwirtschaft .....	59
4.5	Wasserwirtschaft.....	61
4.5.1	Allgemeines .....	61
4.5.2	Abflüsse .....	62
4.5.3	Gewässerökologie .....	69
4.5.4	Grundwasser.....	70
4.5.5	Wasserversorgung.....	72
4.5.6	Abwasserentsorgung.....	74
4.6	Gesundheit .....	76
4.7	Tourismus .....	79
4.8	Energie.....	80
4.9	Bauten und Infrastrukturen .....	82
4.9.1	Hochbau .....	82
4.9.2	Tiefbau.....	83
4.10	Versicherungen .....	84
4.11	Anpassung an den Klimawandel in Europa .....	86
5	Schlussfolgerungen .....	88
5.1	Folgerungen.....	88
5.1.1	Vorsorge .....	88
5.1.2	Zielkonflikte .....	88
5.2	Handlungsbedarf.....	89
5.2.1	Allgemeiner Handlungsbedarf .....	89
5.2.2	Spezifischer Handlungsbedarf.....	91

5.2.3	Monitoring .....	92
-------	------------------	----

## **Anhang**

- A1 Temperaturszenarien des vierten Klimaberichtes der UNO
- A2 Sprachkonventionen nach IPCC
- A3 Involvierte Fachstellen
- A4 Organisationen und Institutionen

# 1 Einleitung

Der Mensch ist mit hoher Wahrscheinlichkeit der Hauptverursacher der Klimaänderung. Davon betroffen sind in den kommenden Jahren auch der Kanton Zürich und der Bodenseeraum. Die Temperatur wird bis 2050 weiter ansteigen. Mit der Klimaänderung wird auch eine Zunahme von extremen Wetterereignissen wahrscheinlicher: Hochwasserereignisse, Murgänge oder auch Trockenperioden werden künftig häufiger auftreten. Diese Ereignisse haben vielfältige Folgen für Umwelt, Wirtschaft und Gesellschaft.

## 1.1 Ausgangslage

Auch die Schweiz ist vom Klimawandel betroffen.

Die drei bis heute publizierten Bände des Klimaberichtes 2007 der UNO<sup>3</sup> mahnen die globale Klimapolitik und sprechen eine deutliche Sprache: Der Mensch ist mit hoher Wahrscheinlichkeit der Hauptverursacher der Klimaänderung und die Folgen für die Ökosysteme sind dramatisch [19], [20], [21]. Davon betroffen ist auch die Schweiz, sagt die OcCC<sup>4</sup> [35]. Aber: Es gibt einen Ausweg zu einem bezahlbaren Preis.

2 °C - 3 °C Temperaturerhöhung für die Schweiz bis 2050

Der OcCC-Bericht „Klimaänderung und die Schweiz 2050“ (CH2050) prognostiziert für die Schweiz bis 2050 eine mittlere Temperaturerhöhung von rund 2 °C<sup>5</sup> im Herbst, Winter und Frühling sowie um knapp 3 °C<sup>6</sup> im Sommer. Bei den Niederschlägen wird mit einer Zunahme von 10% im Winter und einer Abnahme von 20% im Sommer gerechnet [35].

Extreme Wetterereignisse werden wahrscheinlicher ...

Mit der Klimaänderung wird in der Schweiz auch eine Zunahme von extremen Wetterereignissen wahrscheinlicher: Im Winter in Form zunehmender Intensivniederschläge und abnehmender Kältewellen. Im Sommer wird eine generelle Zunahme von Hitzewellen vorausgesagt, Trockenperioden werden als wahrscheinlich erachtet. Bezüglich Niederschlagsintensität streuen die Modellresultate stark; auch qualitative Aussagen sind für diese Jahreszeit heute kaum möglich [35].

... mit vielfältigen Folgen für Umwelt, Wirtschaft und Gesellschaft.

Die mit der Klimaänderung als wahrscheinlich betrachtete Zunahme extremer Wetterereignisse kann unter anderem zu vermehrten Hochwasserereignissen, Murgängen und geringeren Wassermengen in den Flüssen führen. Diese Ereignisse können auch im Kanton Zürich und im Gebiet der

<sup>3</sup> Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)

<sup>4</sup> Organe consultatif sur les changements climatiques (Beratendes Organ für Fragen der Klimaänderung)

<sup>5</sup> Unsicherheitsbereich: 1 °C – 5 °C

<sup>6</sup> Unsicherheitsbereich: 2 °C – 7 °C

Internationalen Bodenseekonferenz (IBK) vorkommen und haben vielfältige Folgen für Umwelt, Wirtschaft und Gesellschaft.

## 1.2 Projekt

### 1.2.1 Zielsetzung

Das im 21. Jahrhundert zu erwartende Ausmass der Klimaänderung hängt einerseits nicht nur von den CO<sub>2</sub>-Emissionsäquivalenten ab, sondern vor allem auch von der Fähigkeit der Menschheit, den Ausstoss an Treibhausgasen dauerhaft und deutlich zu reduzieren. Andererseits wird der Klimawandel auch dann stattfinden, wenn die Treibhausgasemissionen auf das Niveau von 2000 reduziert werden (siehe Anhang A1). Vor diesem Hintergrund ist deshalb eine Doppelstrategie gefragt: Neben der eigentlichen Klimapolitik, die auf eine langfristige Reduktion der Treibhausgasemissionen abzielt (Prävention), ist die öffentliche Hand gefordert, kurz- bis mittelfristig den Anpassungsprozess zu steuern und rechtzeitig Vorsorge zu treffen (Adaption) (Abbildung 1).

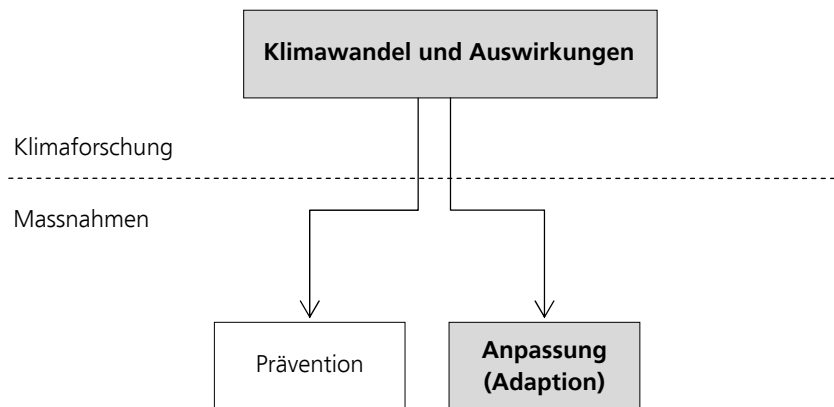


Abbildung 1: Prävention und Anpassung

Der vorliegende Bericht zeigt auf, in welchen Handlungsbereichen die Regionen<sup>7</sup> und allenfalls die Gemeinden möglichst frühzeitig Massnahmenansätze im Sinne der Adaption ergreifen müssen. Ziel ist es

Massnahmenansätze im Sinne der Adaption

- die möglichen negativen Auswirkungen des Klimawandels trotz des grossen, inhärenten Unsicherheitsbereiches frühzeitig zu erkennen,
- die allfälligen volkswirtschaftlichen Schadens- und Anpassungskosten zu minimieren

<sup>7</sup> Kantone Zürich (ZH), Schaffhausen (SH), Thurgau (TG), Appenzell Innerrhoden (AI), Appenzell Ausserrhoden (AR), St. Gallen (SG), die Landkreise Konstanz, Sigmaringen und Ravensburg sowie der Bodenseekreis von Baden Württemberg (BW), die Landkreise Lindau und Oberallgäu sowie Kempten des Freistaats Bayern (BA), das Land Vorarlberg (VB) und das Fürstentum Liechtenstein (LI)

- und sich allenfalls ergebende Zielkonflikte rechtzeitig zu erkennen.

Es sind die folgenden, drei zentralen Aspekte zu beantworten:

1. Welches ist der prognostizierte Klimawandel und die damit verbundenen wichtigsten möglichen Auswirkungen und Folgen für Umwelt, Wirtschaft und Gesellschaft im Kanton Zürich und im Gebiet der IBK (Kapitel 2 und 3)?
2. Welches sind die relevanten Handlungsfelder und Massnahmenansätze der öffentlichen Hand zur Steuerung und Beeinflussung des Anpassungsprozesses? Welche sind zeitlich dringend (Kapitel 4)?
3. Welche offenen Fragen sind in einem nächsten Schritt zu klären (Kapitel 4 und 5)?

### 1.2.2 Abgrenzung

Thematische Vielfalt und enger Budgetrahmen

An der Klimaforschung ist eine ganze Reihe von interdisziplinären Fachgebieten beteiligt. Und die potenziellen Auswirkungen des Klimawandels betreffen weite Bereiche der Umwelt, Wirtschaft und Gesellschaft. Die grosse Herausforderung dieses Berichtes besteht vor allem darin, diese Thematik möglichst kohärent und umfassend sowie im Sinne einer ersten, vorläufigen Standortbestimmung darzustellen.

Klimawandel und Auswirkungen gemeinsam für Kanton Zürich und IBK

Die Darstellung des Klimawandels und dessen Auswirkungen erfolgt gemeinsam für den Kanton Zürich sowie das Gebiet der IBK. Wo nötig, werden die erwarteten Auswirkungen für die beiden Gebiete separat dargestellt. Der Zeithorizont ist das Jahr 2050.

### 1.2.3 Terminologie

Der vorliegende Bericht definiert die Begriffe Klimawandel, Auswirkungen, Folgen und Handlungsfelder wie in Abbildung 2 dargestellt:

- **Auswirkungen** (des Klimawandels): Damit sind Prozesse (im Allgemeinen Extremereignisse) wie Temperaturextreme, Intensivniederschläge oder auch Stürme gemeint.
- **Folgen** (des Klimawandels): Die Auswirkungen des Klimawandels haben vielfältige Folgen für Umwelt, Gesellschaft und Wirtschaft.
- **Handlungsfelder**: Umfassen die Prävention (Klimaschutz) und die Adaption (Anpassung). Im vorliegenden Bericht geht es um Massnahmenansätze (Richtung der Massnahmen) im Sinne der Adaption.

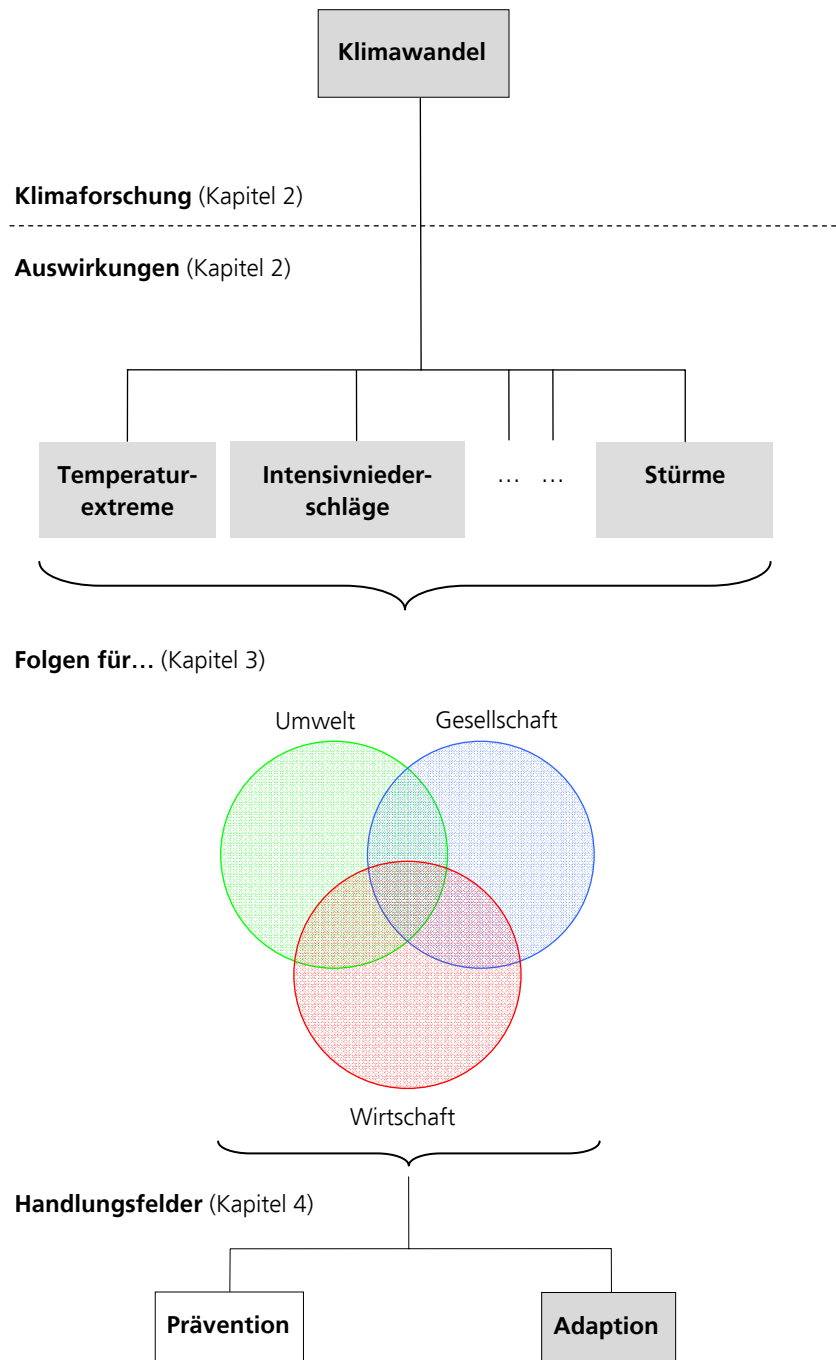
Im Zusammenhang mit ausserordentlichen Ereignissen orientiert sich der Bericht an den Definitionen des OcCC [33]:

- **Extremereignis**: seltene Wetter- und Naturereignisse, die stark vom Durchschnitt abweichen. Sie können – müssen aber nicht – immense

Schäden verursachen. Die Definition eines Extremereignisses basiert also auf statistischen Kriterien.

- **Naturkatastrophen:** ein Schadenereignis, dessen Folgen die Betroffenen nicht alleine bewältigen können. Sie werden immer durch Extremereignisse ausgelöst. Eine Naturkatastrophe bezeichnet ein Unheil, das tatsächlich eingetreten ist.
- **Naturgefahren:** natürliche Prozesse und Zustände, die Gesellschaft und Umwelt bedrohen. Eine Naturgefahr bezeichnet ein drohendes Unheil, das sich unter Umständen durch Prävention verhindern lässt.

Abbildung 2: Terminologie



### 1.3 Lösungsansatz und Vorgehen

Das Vorgehen umfasst die nachfolgenden Punkte:

- **Klimawandel und Auswirkungen (Kapitel 2):** Umfasst die Darstellung des prognostizierten Klimawandels und der wichtigsten Auswir-



kungen (gegenwärtiger Stand der Erkenntnisse mit dem Hauptaugenmerk auf die Schweiz respektive das Schweizer Mittelland).

Methodik: Auswertung und Synthese des vierten IPCC-Klimaberichtes ([19], [20], [21]), des OcCC-Klimaberichtes [35], der OcCC-Publikation zu Extremereignissen und Klimaänderung [33], des OcCC-Syntheseberichtes zum Extremsommer 2003 [34] sowie der Ereignisanalyse Hochwasser 2005 [9]. Soweit nötig, werden auch allfällige deutsche und/oder österreichische Quellen ausgewertet.

- **Folgen des Klimawandels für Umwelt, Wirtschaft und Gesellschaft (Kapitel 3):** Umfasst die qualitative Abschätzung der Folgen des prognostizierten Klimawandels bis 2050 auf Umwelt, Wirtschaft und die Gesellschaft.

Methodik: Identifikation potenzieller Risikogebiete, Exposition der Umwelt, Gesellschaft und Wirtschaft gegenüber den möglichen Auswirkungen (Effekte) des Klimawandels mittels Analyse und Auswertung von Geoinformations-Daten, Schadensstatistiken bisheriger Ereignisse, Literaturrecherchen. Beschreibung der möglichen Folgen und Veränderungen für Umwelt, Wirtschaft und Gesellschaft.

- **Mögliche Handlungsfelder und Massnahmenansätze im Sinne der Adaption (Kapitel 4):** Synoptische Darstellung der relevanten Handlungsfelder sowie der Richtung der bereits realisierten oder in Realisierung begriffenen Massnahmenansätzen.

Methodik: Literaturrecherche, strukturiertes Brainstorming mit verschiedenen Experten bei der Ernst Basler + Partner AG aus den Bereichen Klimaänderung, Brennstoffe, Treibstoffe, Elektrizität, Umwelt, Haustechnik, Gesundheit, Sicherheit/Risiko und Recht; ergänzende Befragung von externen Experten in Ämtern.

- **Folgerungen, Dringlichkeit und offene Fragen (Kapitel Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.):** Auflistung und Priorisierung der offenen Fragen, welche in einer nächsten Phase zu klären sind.

Methodik: Identifikation offener Fragen und Punkte aus dem Soll-Ist-Vergleich, die wichtig sein könnten und weiter abgeklärt werden müssen.

## 1.4 Genauigkeit der Aussagen

Naturgemäss muss bei den in diesem Bericht gemachten Aussagen von ganz unterschiedlichen Genauigkeiten ausgegangen werden. Während die Klimaforschung heute relativ genaue quantitative Aussagen und Projektionen über des künftige Klima macht (Kapitel 2), können die Folgen des Klimawandels für Umwelt, Wirtschaft und Gesellschaft heute erst grob geschätzt werden (Kapitel 3). Dennoch identifizieren Fachexperten bereits heute Massnahmenfelder (Kapitel 4), die sich im Sinne einer strategischen und langfristigen Planung auch politisch rechtfertigen lassen (Kapitel 5).

## 2 Klimawandel und Auswirkungen

Der Klimabericht 2007 des Beratenden Organs für Fragen der Klimaänderung der Schweiz OcCC stellt fest, dass die Temperatur auf der Alpennordseite im 20. Jahrhundert stärker zugenommen hat als im globalen Mittel. Ebenfalls zugenommen haben die Intensivniederschläge. Grundsätzlich häufen sich die Extremereignisse. Allerdings kann noch nicht abgeschätzt werden, ob es sich dabei tatsächlich bereits um einen Trend handelt.

Bis 2050 werden die mittleren Wintertemperaturen um knapp 2 °C, die Sommertemperaturen um rund 3 °C ansteigen. Im Gegensatz zur Temperatur ändert sich der Jahresgang der Niederschlagsmengen deutlich: im Winter wird mit einer Zunahme von rund 10%, im Sommer mit einer Abnahme von gut 20% gerechnet. In Zukunft ist nicht nur mit einer Zunahme, sondern auch einer Intensivierung von Extremereignissen zu rechnen.

### 2.1 Einleitung

Vierter Klimabericht der UNO als Grundlage

Der zwischenstaatliche Ausschuss für Klimaänderungen der UNO hat seit 1990 vier Sachstandsberichte<sup>8</sup> veröffentlicht. Der vorliegende Bericht orientiert sich an den Resultaten des Sachstandsberichtes 2007 (Kapitel 2.2). Dieser baut auf den vergangenen Klimaberichten auf, integriert aber auch die Forschungserkenntnisse der letzten sechs Jahre im Sinne eines Assessments.

Die Klimaänderung kann natürliche oder anthropogene Ursachen haben.

In Anlehnung an den Sprachgebrauch des IPCC versteht auch dieser Bericht unter 'Klimaänderung' natürliche<sup>9</sup> oder anthropogene<sup>10</sup> Ursachen.<sup>11</sup> Im Zusammenhang mit Vertrauens- und Wahrscheinlichkeitsaussagen und im Sinne einer kalibrierten und damit vergleichbaren Sprache stützt sich der aktuelle UNO-Klimabericht auf die Sprachkonventionen in Tabelle 28 (Anhang). Falls in diesem Bericht in eckigen Klammern Unsicherheitsbereiche

<sup>8</sup> 1990, 1996, 2001 und 2007

<sup>9</sup> Variation der Sonnenaktivität oder der Erdbahnparameter, Vulkanausbrüche, Klimaoszillationen

<sup>10</sup> Treibhausgase, Aerosole, Ozon (Ausdünnung in Stratosphäre und Erhöhung in Troposphäre), Veränderung der Oberflächenalbedo (Landnutzung, Russ auf Schnee), Kondensstreifen

<sup>11</sup> Im Gegensatz dazu hat der Ausdruck 'Klimaänderung' für die Klimarahmenkonvention der UNO (United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC) anthropogene Ursachen. 'Klimaschwankungen' hingegen haben einen natürlichen Hintergrund.

angegeben werden, sind damit, sofern nicht anderweitig deklariert, 90%-Konfidenzintervalle gemeint.<sup>12</sup>

## 2.2 Globaler Klimawandel und dessen Auswirkungen

### 2.2.1 Physikalische Grundlagen

Die wesentlichsten Aussagen zu den physikalischen Grundlagen des vierten UNO-Klimaberichtes von 2007 lassen sich wie folgt zusammenfassen [19]:

- Die globale atmosphärische Kohlendioxid-Konzentration (CO<sub>2</sub>) ist von einem vorindustriellen Wert von ca. 280 ppm<sup>13</sup> (Methan [CH<sub>4</sub>]: 715 ppb<sup>14</sup>) auf 379 ppm (CH<sub>4</sub>: 1774 ppb) im Jahre 2005 angestiegen.
- Die atmosphärische CO<sub>2</sub>-Konzentration lag in den letzten 650'000 Jahren weit unter dem Wert von 2005.<sup>15</sup>
- Der Hauptgrund für die erhöhte atmosphärische CO<sub>2</sub>-Konzentration ist die Verbrennung fossiler Brennstoffe.<sup>16</sup> Der beobachtete Anstieg der CH<sub>4</sub>-Konzentration ist sehr wahrscheinlich anthropogen bedingt.<sup>17</sup>
- Die anthropogenen Aktivitäten tragen seit 1750 mit einem Strahlungsantrieb von +1.6 [+0.6 bis +2.4] Wm<sup>-2</sup> zur Temperaturerhöhung bei.
- Seit 1850 ist die globale Erdoberflächentemperatur um 0.74 [0.56-0.92] °C angestiegen. Elf der letzten zwölf Jahre (1995-2006) gehören zu den zwölf wärmsten Jahren seit Beginn der instrumentellen Messungen. Der Effekt städtischer Wärmeinseln existiert. Sie sind aber lokal und haben einen vernachlässigbaren Einfluss.
- Der Meeresspiegel ist im 20. Jahrhundert um 0.17 [0.12-0.22] m angestiegen.
- Gebirgsgletscher und Schneebedeckung haben im Mittel in beiden Hemisphären abgenommen. Der Rückzug der Gletscher und Eiskappen hat zum Meeresspiegelanstieg beigetragen.
- Für die nächsten zwei Jahrzehnte wird für eine Reihe von Klimaszenarien eine Erwärmung von 0.2°C/Jahrzehnt projiziert.<sup>18</sup>

<sup>12</sup> Bei einem 90%-Konfidenzintervall gibt es eine geschätzte 5%ige Wahrscheinlichkeit, dass der Wert oberhalb respektive die gleiche Wahrscheinlichkeit, dass der Wert unterhalb dieses Bereiches liegen könnte.

<sup>13</sup> parts per million (Teile/Million)

<sup>14</sup> parts per billion (Teile/Milliarde)

<sup>15</sup> Rekonstruktion aus antarktischen Eisbohrkernen. Natürliche Bandbreite in den letzten 650'000 Jahren: 180 ppm - 300 ppm (CH<sub>4</sub>: 320-790 ppb)

<sup>16</sup> Landnutzungsänderungen liefern einen weiteren, signifikanten Anteil

<sup>17</sup> vor allem Landwirtschaft und Verbrauch fossiler Brennstoffe

<sup>18</sup> Selbst wenn die Konzentrationen aller Treibhausgase und Aerosole auf dem Stand von 2000 gehalten würden, wäre mit einer weiteren Erwärmung von 0.1°C/Jahrzehnt zu rechnen.

- Künftig gleiche oder höhere Treibhausgasemissionen würden die Erwärmung fortführen und Änderungen im Klimasystem verursachen, die sehr wahrscheinlich grösser sind, als die bislang beobachteten.
- Es ist heute nicht möglich, mittels Klimamodellen in den Projektionen des künftigen Klimas Sprungstellen zu simulieren. Aus den Klimamodellen gibt es derzeit auch keine Evidenz, dass sich beispielsweise der Golfstrom als Reaktion auf die globale Erwärmung einstellen könnte [19].
- Tabelle 27 im Anhang A1 zeigt verschiedene, emissionsabhängige Projektionen der künftigen globalen Erwärmung gemäss dem aktuellen Klimabericht des IPCC [19].

### 2.2.2 Auswirkungen

Für den Klimabericht der UNO ist klar: Bezüglich der Zunahme von Extremereignissen kann im 20. Jahrhundert ein Trend ausgemacht werden. Und es ist wahrscheinlich, dass dieser Trend im 21. Jahrhundert weiter schreiten wird.

Tabelle 1 zeigt Trends von Wetterphänomenen im 20. Jahrhundert, den anthropogenen Einfluss auf diese Trends sowie Vorhersagen dieser Wetterphänomene für das 21. Jahrhundert [19].

Tabelle 1: Extreme Wetterereignisse im 20. und 21. Jahrhundert und der anthropogene Einfluss

<b>Wetterphänomen und Trend</b>	<b>Trend im späten 20. Jahrhundert (typischerweise nach 1960)</b>	<b>Anthropogener Beitrag zum beobachteten Trend</b>	<b>Künftiger Trend (basierend auf Projektionen für das 21. Jahrhundert)</b>
<b>Wärmere und weniger kalte Tage/Nächte</b> über den meisten Landflächen	sehr wahrscheinlich	wahrscheinlich	praktisch sicher
<b>Wärmere und häufigere heisse Tage/Nächte</b> über den meisten Landflächen	sehr wahrscheinlich	wahrscheinlich (Nächte)	praktisch sicher
Zunahme von <b>Wärmeperioden/Hitzewellen</b> über den meisten Landflächen	wahrscheinlich	eher wahrscheinlich als nicht	sehr wahrscheinlich
Häufigkeit von <b>Starkniederschlagsereignissen</b> nimmt über den meisten Gebieten zu	wahrscheinlich	eher wahrscheinlich als nicht	sehr wahrscheinlich
Von <b>Dürren</b> betroffene Flächen nehmen zu	wahrscheinlich in vielen Regionen seit 1970	eher wahrscheinlich als nicht	wahrscheinlich

<b>Wetterphänomen und Trend</b>	<b>Trend</b> im späten 20. Jahrhundert (typischerweise nach 1960)	<b>Anthropogener Beitrag</b> zum beobachteten Trend	<b>Künftiger Trend</b> (basierend auf Projektionen für das 21. Jahrhundert)
Aktivität starker <b>tropischer Wirbelstürme</b> nimmt zu	wahrscheinlich in vielen Regionen seit 1970	eher wahrscheinlich als nicht	wahrscheinlich
Häufigkeit extrem <b>hoher Meeresspiegel</b> nimmt zu <sup>19</sup>	wahrscheinlich	eher wahrscheinlich als nicht	wahrscheinlich

Für Europa und den Alpenraum prognostiziert der Klimabericht die folgenden potenziellen Veränderungen:

- Der Gletscherschwund wird anhalten, die Dauer schneebedeckter Flächen und der Wintertourismus werden abnehmen.
- Überschwemmungen werden generell und Überflutungen im Küstenbereich zunehmen.
- Eine Mehrheit von Organismen und Ökosystemen wird Schwierigkeiten haben, sich aufgrund der Klimaänderung den veränderten Umweltbedingungen anzupassen.
- Für gewisse Regionen wird davon ausgegangen, dass bei hohen Emissionsszenarien<sup>20</sup> bis zu 60% der Arten aussterben.
- In Zentral- und Osteuropa werden die Sommerniederschläge abnehmen. In der Folge steigt der Druck auf die Ressource Wasser. Hitzwellen lassen das Gesundheitsrisiko in den Sommermonaten ansteigen.
- Positiv wird sich in Nordeuropa die Klimaänderung im Sinne einer Reduktion der Heizgradtage, höheren Ernteerträgen und einer gesteigerten Produktivität des Waldes äussern. Hingegen negativ auswirken werden sich vermehrte Überschwemmungen im Winterhalbjahr, sowie der ansteigende Druck auf die Ökosysteme.

### 2.2.3 Anpassung

Der Klimabericht geht davon aus, dass das Anpassungsvermögen<sup>21</sup> europäischer Gesellschaften zur Adaption an sich verändernde Umweltbedingungen als Folge des Klimawandels vor allem von ihrer Erfahrung im Umgang mit Extremereignissen abhängen wird.

Für eine erfolgreiche Anpassung ist der Umgang mit Extremereignissen entscheidend.

<sup>19</sup> ohne Tsunamis

<sup>20</sup> siehe Tabelle 27

<sup>21</sup> *adaptive capacity*

Dazu werden in Zukunft Adaptionsstrategien notwendig sein, die ein proaktives Risikomanagement der Auswirkungen der Klimaänderung umfassen.

## 2.3 Klimawandel in der Schweiz und der IBK-Region und dessen Auswirkungen

OcCC: Prognosen bis 2050

Das Beratende Organ für Fragen der Klimaänderung OcCC hat den Auftrag, Empfehlungen zu Fragen des Klimas und Klimaänderungen zuhanden von Politik und Verwaltung zu formulieren. Der neuste Bericht CH2050 stellt – im Gegensatz zum vierten Klimabericht der UNO, der sich mit Klimaszenarien bis zum Ende des 21. Jahrhunderts beschäftigt – die erwarteten Auswirkungen auf Umwelt, Gesellschaft und Wirtschaft bis zum Jahr 2050 dar. Dieser kürzere Zeithorizont wurde aus den folgenden Gründen gewählt:

- Alle Klimaprojektionen des IPCC zeigen ab 2050 eine deutliche Erwärmung, liegen aber gleichzeitig zu diesem Zeitpunkt noch relativ nahe beieinander.
- Ein Grossteil der Schweizer Bevölkerung wird die bis 2050 prognostizierten Auswirkungen der Klimaänderung noch erleben und hat somit heute die Gelegenheit, sich verantwortungsvoll der Lösung dieses Problems zu stellen.

### 2.3.1 Beobachtungen im 20. Jahrhundert

Bezüglich der beiden Klimaparameter Temperatur und Niederschlag konnten in der Schweiz im 20. Jahrhundert die nachstehenden Beobachtungen gemacht werden.

#### Temperatur

Der Kanton Zürich und die IBK-Region waren überdurchschnittlich von der Temperaturerhöhung betroffen.

- Global: Die durchschnittliche Temperatur hat um  $0.6 \pm 0.2$  °C zugenommen.
- CH: Die Temperatur hat stärker zugenommen als im globalen Mittel (Westschweiz: ca. 1.6 °C, Deutschschweiz: 1.3 °C, Alpensüdseite: 1.0 °C) [35].
- Süddeutschland<sup>22</sup>: Die Jahresmitteltemperaturen haben zwischen 0.5 °C und 1.2 °C zugenommen [23].<sup>23</sup>

<sup>22</sup> Die Länder Baden-Württemberg und Bayern befassen sich zusammen mit dem Deutschen Wetterdienst seit 1999 im Rahmen des Kooperationsvorhabens 'Klimaveränderung und Konsequenzen für die Wasserwirtschaft' (KLIWA) mit der Klimaänderung. 2007 ist das Land Rheinland-Pfalz als KLIWA-Partner hinzugekommen. Die zitierten Zahlen stammen aus dem KLIWA-Projekt.

<sup>23</sup> 1931-2000

## Niederschlag

### Schweiz

- Die Jahresniederschläge haben um rund 8% zugenommen [35].
- Die Winterniederschläge haben im nördlichen und westlichen Alpenraum um 20-30% zugenommen [35].
- Auf der Alpennordseite wurde für das 20. Jahrhundert eine Zunahme im 90%-Quantil der Tagesniederschläge festgestellt. Dies gilt für den Herbst und den Winter. Für den Sommer konnten bisher keine Trends festgestellt werden [43].
- Intensive Niederschläge (von 2-5 Tagen Dauer) haben im Herbst und Winter zugenommen (weite Teile des Mittellandes und des nördlichen Alpenrandes) [35].
- Durch die stärkere Verdunstung bei höheren Niederschlägen blieb der Abfluss im Jahresmittel praktisch unverändert [35].
- Die Gletscher haben in 100 Jahren rund 50 km<sup>3</sup> an gebundenem Wasser verloren [35].<sup>24</sup>
- Obige Resultate sind ein Indiz für deutliche Veränderungen des Wasserkreislaufes in den letzten 100 Jahren [33].

Intensivniederschläge haben im Kanton Zürich und in der IBK-Region zugenommen.

### Süddeutschland

- Umverteilung der Niederschläge vom Sommer in den Winter (Tendenz zu trockeneren Sommer- und niederschlagsreicheren Winterhalbjahren) [23].
- Deutliche Zunahme der Starkniederschläge im Winter (30% - 40%) [23]. Auch die Dauer der Starkniederschläge hat zugenommen [23].
- Zunahme von Westwetterlagen im Winter, Zunahme von Hochdruckwetterlagen im Sommer [23].

## Extremereignisse

- Extremereignisse häufen sich gegenwärtig in der Schweiz und der IBK-Region. In den Jahren 1972-2006 kam es in der Schweiz zu einem Gesamtschaden von über 12 Milliarden Franken (teuerungsbereinigt). Durchschnittlich kommen pro Jahr drei Menschen bei Unwettern ums Leben [15].
- Die Häufung dieser Extremereignisse kann verschiedene Ursachen haben [33]:
  - Zufälligkeit,
  - Folge der natürlichen Klimavariabilität,
  - anthropogen bedingte Klimaänderung.

Naturkatastrophen treten gegenwärtig häufiger auf

Diese Häufung kann verschiedene Ursachen haben.

<sup>24</sup> Dieser Massenverlust der Gletscher hat 1.2% zum Abfluss beigetragen.

Der Kanton Zürich und die IBK-Region waren immer wieder von Extremereignissen betroffen.

- In Tabelle 2 sind einige Extremereignisse in der Schweiz der letzten Jahre sowie ihr Bezug zum Kanton Zürich und zur IBK-Region zusammengefasst. Die Aufstellung zeigt, dass der Kanton Zürich und die IBK-Region in den letzten Jahren immer wieder von solchen Extremereignissen betroffen waren. Dies waren primär Hochwasser, Überschwemmungen, Grund- und Hangwasser sowie Hagelereignisse. Sekundär aber auch Murgänge, Rutschungen und Hangmuren.
- Das 20. Jahrhundert zeigt in der Schweiz keine systematischen Trends in der Häufigkeit niederschlagsfreier Perioden [43].

Tabelle 2: Extremereignisse der letzten Jahre und ihr Bezug zum Kanton Zürich und zur IBK-Region (✓: vom Ereignis betroffen)

Jahr	Extremereignis	Bemerkung	ZH	IBK
2007 (August)	Hochwasser <sup>25,26</sup>	besonders intensive Niederschläge im östlichen Mittelland und am Alpennordrand	✓ <sup>27</sup>	✓ <sup>28</sup>
2007 (Juni)	Gewitterfront mit Starkregen, Hagel und Sturmwinden <sup>29</sup>	ganzes Mittelland (primär die Kantone BE, FR, AG)	✓	✓
2005 (August)	Hochwasser <sup>30</sup>	primär Voralpen und Zentralschweiz	✓ <sup>31</sup>	✓ <sup>32,33,34</sup>

<sup>25</sup> Für das Hauptniederschlagsereignis vom 8.8.07 ergeben sich regional grosse Unterschiede in der Jährlichkeit dieses Ereignisses. In Basel, Bern und Zürich etwa sind alle 20 bis 50 Jahre solche Niederschlagsmengen zu erwarten (Referenzperiode: 1966-2006) [[www.meteoschweiz.admin.ch](http://www.meteoschweiz.admin.ch)].

<sup>26</sup> Der interkantonale Rückversicherungsverband geht von ca. 120 Mio. CHF aus [[www.kgvonline.ch](http://www.kgvonline.ch)], der Schweizerische Versicherungsverband schätzt seine Kosten auf ca. 125-155 Mio. CHF [[www.svv.ch](http://www.svv.ch)]. Die Schweizerische Hagelversicherung schätzt die Schäden in der Landwirtschaft auf ca. 5 Mio. CHF [[www.hagel.ch](http://www.hagel.ch)].

<sup>27</sup> Jährlichkeiten des Hauptniederschlagsereignisses vom 8.8.07 (Referenzperiode: 1966-2006): Zürich: 20-50 Jahre (2-Tagessumme: ca. 70 Jahre), Wädenswil: 2-5 Jahre (2-Tagessumme: ca. 60 Jahre). [[www.meteoschweiz.admin.ch](http://www.meteoschweiz.admin.ch)]

<sup>28</sup> Jährlichkeiten des Hauptniederschlagsereignisses vom 8.8.07 (Referenzperiode: 1966-2006): Schaffhausen: 2-5 Jahre, Steckborn (TG): 2-5 Jahre [[www.meteoschweiz.admin.ch](http://www.meteoschweiz.admin.ch)]

<sup>29</sup> Schadensschätzung des interkantonalen Rückversicherungsverbandes: ca. 60 Mio. CHF [[www.kgvonline.ch](http://www.kgvonline.ch)]

<sup>30</sup> Gesamtschäden von rund 3 Mrd. CHF [9]. Die Höhe dieser Schäden übertrifft damit alle anderen Naturereignisse seit der systematischen Erfassung der Unwetterschäden ab 1972. Bezüglich Gesamtschadenssumme waren auf dem Gebiet des Kantons Zürich und der IBK-Region der Kanton ZH selbst sowie der Kanton SG am stärksten betroffen. Die verursachenden Prozesse waren primär Hochwasser, Überschwemmungen, Grund- und Hangwasser. Sekundär aber auch Murgänge, Rutschungen und Hangmuren.

<sup>31</sup> Gesamtschadenssumme: ca. 15 Mio. CHF (Gebäude- und Mobiliarschäden). Kleinere Bäche sowie die Sihl führten Hochwasser. Nach Angaben der Polizei wurde in der Gemeinde Dürnten ein Mann vom Dorfbach erfasst und ist dabei ertrunken [9].

<sup>32</sup> Gesamtschadenssumme SG: ca. 35 Mio. CHF. In der Gemeinde Weesen führten kleinere Bäche (wie etwa der Lauibach) zu Schäden im Umfang von fast 12 Mio. CHF. Die Linth setzte in der Gemeinde Schänis den Bahnhof Ziegelbrücke unter Wasser. Strassen, Keller und Tiefgaragen wurden überschwemmt und es ereigneten sich Erdbeben. Neben dem Linthgebiet waren auch das Toggenburg und die Stadt St. Gallen betroffen. Ausser Weesen und Schänis blieben die Schadenskosten bei allen Gemeinden im Kanton unter 1 Mio. CHF [9].

<sup>33</sup> Hohe Niederschlagsmengen in SG (Gebiet Churfürsten, Werdenberg) und AI (Alpsteingebiet). Die geschätzten Jährlichkeiten der beobachteten 48h-Niederschlagssummen liegen für diese Gebiete im Bereich von 20-100 Jahren [9].



Jahr	Extremereignis	Bemerkung	ZH	IBK
2003 (Juni-August)	Hitzewelle <sup>35</sup>	grosse Teile Europas	✓	✓
2002 (November)	Starkniederschläge	GR <sup>36</sup> , UR, TI	-	-
2000 (Oktober)	Starkniederschläge <sup>37</sup>	VS <sup>38</sup> , TI	-	-
1999 (Dezember)	Wintersturm 'Lothar' <sup>39</sup>	Frankreich, Deutschland, Schweiz	✓	✓
1999 (Juli)	Sturmsystem mit Gewitterzellen/Hagelschäden	Hagelschäden in 500 Gemeinden	✓	✓
1999 (Mai)	Hochwasser (Auffahrt und Pfingsten)	primär Region Bern bis Zürich-Thur (Auffahrt), Ostschweiz (Pfingsten)	✓	✓
1999 (Februar)	Intensivniederschläge	im VS, Nordbünden und Unterengadin fallen über 300 cm Schnee (Folge: 1200 Schadenlawinen)	-	-
1993 (September)	Hochwasser	Oberwallis, TI	-	-

### 2.3.2 Szenario 2050

Als Grundlage des Berichtes CH2050 dienten Berechnungen mit verschiedenen Kombinationen globaler und regionaler Klimamodelle. Das regionale Klimamodell verwendet eine Auflösung von 15 km. Die Aussagen in Bezug auf die Schweiz unterscheiden nur zwischen Alpennord- und Alpensüdseite (25 respektive 11 Gitterpunkte).

Regionale Klimaprognosen sind schwierig.

Der Bericht CH2050 geht davon aus, dass sich in Zukunft die Klimaänderung beschleunigen wird. Allerdings ist es schwierig, die regionalen Veränderungen abzuschätzen, da die Umgebung (Relief, Kontinentalität, lokale Windverhältnisse, etc.) einen grossen Einfluss haben. Nachfolgend sind die

Die Klimaänderung wird sich künftig noch beschleunigen.

<sup>34</sup> Die Schadenskosten der restlichen Kantone der IBK-Region fallen unter die übrigen Kantone, deren Schadenssumme mit ca. 15 Mio. CHF zusammengefasst wird [9].

<sup>35</sup> Wärmster Juni seit Beginn der Temperaturmessungen im Jahr 1864. Die Monatsdurchschnittstemperatur lag um 6°C über dem langjährigen Mittel. Es wird angenommen, dass der Sommer 2003 gesamt-europäisch wahrscheinlich der heisseste seit mindestens 500 Jahren war.

<sup>36</sup> Die Gemeinden Schlans und Rueun waren besonders stark betroffen.

<sup>37</sup> Mit 16 Todesopfern ist es in dieser Hinsicht das folgenschwerste Ereignis seit 1910.

<sup>38</sup> Bruch einer Mauer oberhalb des Dorfes Gondo. Eine Rutschung zerstört Teile des Dorfes und fordert 13 Menschenleben.

<sup>39</sup> Der Sturm forderte in der Schweiz 13 Menschenleben. Die Waldschäden umfassten 12.7 Mio. m<sup>3</sup> Holz.

berechneten Niederschlags- und Temperaturänderungen gegenüber 1990 für den Zeithorizont 2050 angegeben.<sup>40</sup>

### Temperatur

Stärkere Erwärmung im Sommer auf der Alpennordseite, in Bayern und Baden-Württemberg hingegen im Winter

Bis 2050 ist die Erwärmung auf der Alpennord- und Alpensüdseite praktisch gleich. Im Winter auf der Alpennordseite 1.8 °C<sup>41</sup> (Alpensüdseite ditto)<sup>42</sup>, im Sommer 2.7 °C<sup>43</sup> (2.8 °C)<sup>44</sup>. Für die Übergangsjahreszeiten wird eine ähnliche Erwärmung wie im Winter prognostiziert [35], [36].<sup>45</sup>

Für Baden-Württemberg und Bayern wird für den Zeitraum 2021-2050 eine ähnliche Entwicklung prognostiziert: Im hydrologischen Winter<sup>46</sup> wird die Temperaturzunahme mit ca. 2 °C stärker als im hydrologischen Sommer<sup>47</sup> mit ca. 1.4 °C ausfallen [23], [36].

### Niederschlag

Mehr Niederschlag im Winter, weniger im Sommer

Im Gegensatz zur Temperatur ändert sich der mittlere Jahrgang der Niederschlagsmengen deutlich. Auch hier sind die zu erwartenden Veränderungen bis Mitte des 21. Jahrhunderts auf der Alpennord- und auf der Alpensüdseite ähnlich. Im Winter wird auf der Alpennordseite mit einer Zunahme von ca. 8%<sup>48</sup> (Alpensüdseite 11%)<sup>49</sup>, im Sommer mit einer Abnahme von 17%<sup>50</sup> (19%)<sup>51</sup> gerechnet.<sup>52</sup> Im Frühling und Herbst sind Zu- oder Abnahmen möglich. Für den Sommer ist der Unsicherheitsbereich besonders gross, dennoch simulieren die Modelle eine markante Abnahme des mittleren Niederschlages und der 5-jährliche Extremwert nimmt in den meisten Modellen leicht zu [35]. Wie stark solche Szenarien von den globalen Klimaszenarien abhängen, und ob solche Projektionen auch für dynamisch bestimmte Starkniederschläge<sup>53</sup> wie das Ereignis im August 2005 (Tabelle 2) gelten, werden weitere Untersuchungen noch zeigen müssen.

<sup>40</sup> In diesem Kapitel sind in eckigen Klammern 95%-Konfidenzintervalle angegeben.

<sup>41</sup> [0.9-3.4] °C

<sup>42</sup> [0.9-3] °C

<sup>43</sup> [1.4-4.7] °C

<sup>44</sup> [1.5-4.9] °C

<sup>45</sup> Bezüglich Temperatur wird sich Zürich bei einer mittleren Erwärmung den heutigen Verhältnissen in Magadino anpassen (Sion bei einer schwachen, Torino bei einer starken Erwärmung) [35].

<sup>46</sup> November - April

<sup>47</sup> Mai - Oktober

<sup>48</sup> [-1 bis +21]%

<sup>49</sup> [1-26]%

<sup>50</sup> [-7 bis -31]%

<sup>51</sup> [-6 bis -36]%

<sup>52</sup> Der Regen wird zunehmend bis in höhere Lagen in Form flüssigen Niederschlags fallen.

<sup>53</sup> Ein Tiefdrucksystem, dessen Zentrum lange Zeit fast stabil südlich der Alpen lag, führte im August 2005 zu grossflächigen Niederschlägen am Alpennordhang von den Berner Alpen über die Zentralschweiz und Teile Graubündens bis nach Österreich und Bayern. Simulationen haben gezeigt, dass die Alpen massgeblich für die Bildung dieser Intensivniederschläge verantwortlich waren. Wesentlich dabei war die Hebung der Luftmassen am Alpenbogen, denn die thermodynamischen Voraussetzungen alleine hätte die beobachteten, gewaltigen Niederschlagsmengen nicht produzieren können.

Insgesamt wird sich das jährliche Niederschlagsvolumen um ca. 7% verringern [25]. Die ausreichenden Niederschläge, die ausgleichende Wirkung von Schnee- und – mit abnehmender Bedeutung – Gletscherschmelze sorgen aber auch in Zukunft für ein vergleichsweise hohes Wasserangebot.

Für Baden-Württemberg gehen die Prognosen für 2021-2050 davon aus, dass sich die Sommerniederschläge wenig verändern, die Winterniederschläge jedoch deutlich zunehmen werden (je nach Region bis zu 35%). Ebenfalls im Winter ansteigen wird die Anzahl Tage mit hohen<sup>54</sup> Niederschlagsmengen [23].

In Bayern ist die Situation ähnlich: Im Sommerhalbjahr zeigen sich betragsmässig landesweit nur geringe, im Südosten allerdings deutlichere Abnahmen des Niederschlages. Im Winterhalbjahr ist auch hier eine landesweite deutliche Zunahme zu erkennen [23].

Die in Kapitel 2.3.2 beschriebenen Szenarien sind relativ konsistent mit den während des 20. Jahrhunderts beobachteten Klimaänderungen im Alpenraum (d. h. Zunahme der mittleren Temperatur und Winterniederschläge sowie der Extremniederschläge).

Beobachtungen als Indiz für das künftige Klima

### **Extremereignisse**

Aufgrund der grossen Bedeutung der Extremereignisse, werden diese in Kapitel 2.3.3 separat behandelt.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass das Szenario 2050 in Übereinstimmung mit älteren Auswertungen und Prognosen steht, denen zufolge auf der Alpennordseite sowie im süddeutschen Raum künftig wärmere und feuchtere Winter, heissere und trockenere Sommer und generell eine Zunahme der Klimavariabilität erwartet werden müssen [36], [39], [46], [37], [28], [42], [6].

### **2.3.3 Extremereignisse**

Das in Kapitel 2.3.2 dargestellte Szenario 2050 beschreibt nur saisonale Mittelwerte der Temperatur und des Niederschlages, macht aber keine Angaben bezüglich Klimaextreme. Für viele Fragestellungen sind diese aber wichtig, so etwa für die Dimensionierung von Hochwasserschutzmassnahmen. Allerdings ist gerade für solche Prozesse schwierig, Trends abzuschätzen:

Trends von Klimaextremen sind schwer abschätzbar.

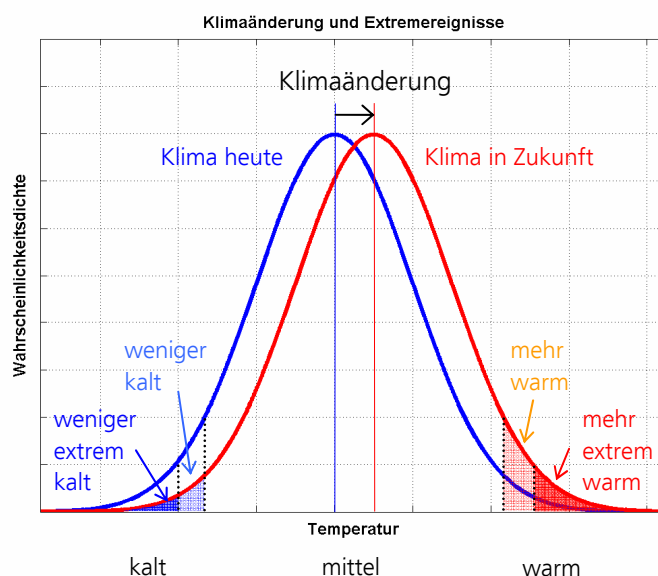
<sup>54</sup> > 25 mm/Tag

Schwache Statistik und kurze  
Messreihen

Extremereignisse sind  
empfindlich

- Prinzipiell ist es schwierig, Trends in der Häufigkeit seltener Extremereignisse statistisch gesichert nachzuweisen oder auch auszuschliessen, denn die Statistik solcher Ereignisse findet im Randbereich von Wahrscheinlichkeitsverteilungen statt, Messreihen sind entsprechend kurz.
- Auf der anderen Seite reagieren gerade diese Randbereiche besonders empfindlich auf die Verschiebung einer Wahrscheinlichkeitsverteilung gegen höhere Werte hin.<sup>55</sup> Auf der einen Seite nimmt die Häufigkeit solcher Ereignisse ab, auf der anderen Seite spürbar zu. Im mittleren Bereich eines Klimaparameters sind die relativen Veränderungen weniger spürbar (Abbildung 3).

Abbildung 3: Auswirkung der Verschiebung der Wahrscheinlichkeitsdichte auf Extremereignisse eines Klimaparameters (schematisch für die Temperatur dargestellt). Die Randbereiche reagieren besonders empfindlich auf die Verschiebung der Wahrscheinlichkeitsverteilung. Auf der einen Seite nimmt die Häufigkeit extrem kalter Wetterereignisse ab, auf der anderen Seite wird sehr warmes Wetter häufiger. Bei den mittleren Temperaturen sind die relativen Veränderungen weniger spürbar (mod. nach [33]).



- Abbildung 4 zeigt die Verteilung der mittleren Sommertemperaturen für die Periode 1960-1989 sowie als Projektion für 2071-2099. Das Beispiel ist vom Prinzip her auf andere Naturgefahren übertragbar und zeigt drei Dinge: a) die Erhöhung der mittleren Sommertemperaturen (Lage der Wahrscheinlichkeitsdichte), b) die Zunahme der Variabilität der Sommertemperaturen (Breite der Wahrscheinlichkeitsdichte) und c) die Verlagerung der Bereiche, wo Extremereignisse auftreten (Randbereiche, analog Abbildung 3).

<sup>55</sup> Die Annahme ist hier, dass der Typ der Wahrscheinlichkeitsverteilung auch bei einer Verschiebung gleich bleibt.

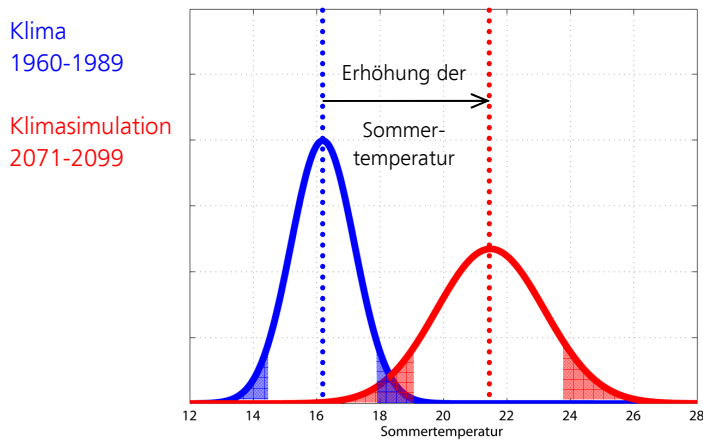


Abbildung 4:  
Sommertemperaturen für die Periode 1960-1989 und als Projektion für 2071-2099. Die Abbildung lässt sich auch auf Naturgefahren übertragen (mod. nach [35]).

- Möglich ist, dass langfristige Veränderungen von Extremereignissen erst dann nachgewiesen werden können, wenn diese zum 'Normalfall' geworden sind.<sup>56</sup>

Das normale Extremereignis

Möglich hingegen sind Aussagen bezüglich Trends von Intensivereignissen, wie sie in Kapitel 2.3.1 etwa für Niederschlagsereignisse gemacht wurden. Diese Ereignisse können zwar nicht direkt auf künftige Extremereignisse übertragen werden, sind jedoch – wie bereits beschrieben – ein Indiz für einen sich geänderten Wasserkreislauf.

Trends von Intensivereignissen

Das heutige Verständnis der meteorologischen Prozesse sowie das Klimasystems legen jedoch die Annahme nahe, dass Häufigkeit und Intensität von Extremereignissen in Zukunft ansteigen werden [33], [35].<sup>57</sup> Dies gilt etwa für die folgenden Extremereignisse:

Die Zunahme von Extremereignissen ist nahe liegend.

- Hitzewellen
- Intensivniederschläge
- Hochwasser im Winterhalbjahr
- Hangrutschungen
- sommerliche Trockenheit<sup>58</sup>

Frosttage und Kältewellen werden künftig seltener auftreten.

Wie die Erfahrung gezeigt hat (Kapitel 2.3.1, Tabelle 2), ist mit solchen Ereignissen in Zukunft vermehrt auch im Kanton Zürich und in der IBK-Region zu rechnen. Tabelle 3 beschreibt obige Szenarien im Detail.

Mit einer Zunahme von Extremereignissen ist auch im Kanton Zürich und in der IBK-Region zu rechnen.

<sup>56</sup> Und dann unter Umständen bereits grossen Schaden angerichtet haben.

<sup>57</sup> Dieser Trend wird auch durch Klimamodelle gestützt [33].

<sup>58</sup> primär Alpensüdseite und inneralpine Täler

Tabelle 3: Szenarien für verschiedene Extremereignisse [35]

Extremereignis	Szenario
<b>Temperaturextreme</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Hitzeperioden werden bei einem Anstieg der mittleren Sommertemperaturen wahrscheinlicher.<sup>59</sup></li> <li>2. Die Variabilität der mittleren Sommertemperaturen wird zunehmen [42], [40].</li> <li>3. Die Häufigkeit von Kälteperioden und die Anzahl Frosttage nehmen ab [35], [23].</li> <li>4. Im Winter wird die tägliche Temperaturvariabilität generell kleiner.</li> <li>5. Die Veränderung von Spätfrösten<sup>60</sup> ist unsicher.</li> <li>6. Bis 2050 wird sich die Nullgradgrenze von heute 840 m ü. M. auf ca. 1200 m ü. M. verschieben.</li> </ol>
<b>Intensivniederschläge</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>7. Mittlere Niederschlagsintensität und Häufigkeit von Intensiv- und Extremniederschlägen dürften im Winter (inkl. Herbst und Frühling) zunehmen. Im ungünstigsten Fall kann ein heute 100-jährliches zu einem 20-jährlichen Ereignis werden [13].</li> <li>8. Im Sommerhalbjahr ist die Situation weniger klar, die Modellresultate streuen relativ stark. Erwartet werden aber eine Abnahme des mittleren Niederschlages und eine Zunahme der Niederschlagsintensität.</li> </ol>
<b>Hoch- / Niedrigwasser</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>9. Zunahme der Intensivniederschläge erhöhtes Potenzial für Hochwasser.<sup>61</sup></li> <li>10. Mittlere/grosse Einzugsgebiete: Wegen den stärker wassergesättigten Böden und wegen den höheren Niederschlagsintensitäten ist insbesondere im Winter und während der Übergangsjahreszeiten mit häufigeren und grösseren Hochwassern zu rechnen.</li> <li>11. Kleine Einzugsgebiete: Die grössten Hochwasser treten im Sommer meist nach kurzen aber intensiven Gewitterniederschlägen auf. Ihre Entwicklung ist jedoch unsicher.</li> <li>12. Insgesamt wird der Feststofftransport zunehmen.</li> <li>13. Aufgrund des geringeren Niederschlagvolumens und der höheren Verdunstung wird das jährliche Abflussvolumen um ca. 10% abnehmen.</li> <li>14. Bei kleinen oder mittleren Fließgewässern werden die Tro-</li> </ol>

<sup>59</sup> Bei einer mittleren Erwärmung werden um 2050 alle paar Jahrzehnte Verhältnisse wie im Hitzesommer auftreten (bei einer schwachen Erwärmung sehr selten, bei einer starken Erwärmung alle paar Jahre) [35].

<sup>60</sup> Frost nach Beginn der Vegetationsperiode

<sup>61</sup> Dieser Prozess ist allerdings auch noch von anderen Faktoren abhängig, die ebenfalls von der Klimaänderung betroffen sind. So etwa von der Bodenfeuchte, der Schneeschmelze oder auch das Abflussregime.

Extremereignis	Szenario
	ckenperioden zunehmen.
<b>Hangrutschungen, Murgänge</b> (bei entsprechendem Gelände)	15. Als Folge der Zunahme des Volumens und der Intensität der Intensivniederschläge im Winter und in Form von Regen bis in höhere Lagen; wegen der Tendenz zu wassergesättigten Böden im Winter und Frühjahr.
<b>Felsstürze</b> (bei entsprechendem Gelände)	16. Von verschiedenen Faktoren <sup>62</sup> abhängig. Aber: Mit zunehmendem Rückzug der Gletscher und fortschreitender Erwärmung des Permafrostes und steiler Felsflanken dürfte die Häufigkeit von Felsstürzen ansteigen.
<b>Trockenheit</b>	<p>17. Extreme Trockenperioden werden wegen der Abnahme der mittleren Niederschläge und der Niederschlagstage im Sommer länger und häufiger auftreten (bspw. Hitzesommer 2003).</p> <p>18. Aufgrund der Abnahme des sommerlichen Niederschlages und wegen der höheren Verdunstung nimmt der Bodenfeuchtigkeitsgehalt regional ab.</p> <p>19. Als Folge der Abnahme der Schneereserven in den Alpen werden Flüsse, die heute im Sommer primär von Schmelzwasser gespeist werden, häufiger austrocknen. Damit wird auch die saisonale Wasserspeicherung in den Alpen abnehmen.</p>
<b>Stürme</b>	<p>20. In Mitteleuropa ist eher mit einer Abnahme der Häufigkeit von Stürmen zu rechnen.</p> <p>21. Sehr starke Stürme (bspw. 'Vivian'<sup>63</sup> oder 'Lothar'<sup>64</sup>) dürften jedoch häufiger werden.</p> <p>22. Grundsätzlich verschieben sich die Zugbahnen von Tiefdruckgebieten und Stürmen polwärts.</p>

Die Differenzierung der künftigen Auftretenswahrscheinlichkeit einzelner Extremereignisse für den Kanton Zürich und die einzelnen Mitglieder der IBK-Region ist aufgrund des heutigen Kenntnisstandes unmöglich und unterschreitet die Auflösungsgrenze der heute eingesetzten (globalen und regionalen) Klimamodelle.

Eine spezifische Prognose der künftigen Entwicklung von Extremereignissen für den Kanton Zürich und die IBK-Region ist nicht möglich.

Tabelle 4 ist ein Versuch, diese Wahrscheinlichkeiten für einzelne Extremereignisse aus Tabelle 3 aufgrund der Erfahrungen (Kapitel 2.3.1, Tabelle 2)

<sup>62</sup> Geologie, Gradient, Vorgeschichte, Eisbedingungen

<sup>63</sup> 1990

<sup>64</sup> 1999

und der bestehenden Projektionen des Klimawandels (Kapitel 2.3.2 und 2.3.3) qualitativ auszudifferenzieren. Es soll an dieser Stelle jedoch nochmals betont werden, dass diese Aussagen mit grossen Unsicherheiten behaftet sind:

- Historische Trends von Intensivereignissen können nicht direkt auf künftige Extremereignisse übertragen werden.
- Die Projektionen der künftigen Temperatur- und Niederschlagsentwicklung besitzen grosse inhärente Unsicherheiten (siehe Kapitel 2.3.2).

Die naturräumliche Voraussetzung und die Lebensraumnutzung machen den Unterschied.

Die Unterschiede in der Auftretenswahrscheinlichkeit verschiedener Extremereignisse zwischen den einzelnen Regionen ergeben sich denn auch nicht aufgrund unterschiedlicher Klimaszenarien sondern primär aufgrund verschiedener naturräumlicher Voraussetzungen (primär die Topografie).

Tabelle 4: Künftige Auftretenswahrscheinlichkeit von Extremereignissen nach Region (★: nicht relevant, ★★: evtl. relevant, ★★★: relevant)

	Region									
	CH						D		A	LI
Extremereignis	ZH	SH	TG	AI	AR	SG	BW <sup>65</sup>	BA <sup>66</sup>	VB <sup>67</sup>	
Temperaturextreme	★★★									
Intensivniederschläge	★★★									
Hoch- / Niedrigwasser <sup>68</sup>	★★★									
Hangrutschungen, Murgänge	★★		★★★				★★	★★★		
Felsstürze	★		★★	★	★★	★★★	★	★★★		
Trockenheit	★★★		★★				★★★	★★		
Stürme	★★★									

## Gesellschaftliche Entwicklung

Gesellschaftliche Entwicklung und Extremereignisse

Die künftige Gefährdung durch Extremereignisse (Kapitel 2.3.3) hängt neben klimatologischen Faktoren auch von der gesellschaftlichen Entwicklung ab.

<sup>65</sup> Baden-Württemberg

<sup>66</sup> Bayern

<sup>67</sup> Voralberg

<sup>68</sup> Eine kantons- oder bundesländerspezifische Differenzierung des künftigen Hochwasserpotenzials ist heute praktisch unmöglich und auch nicht sinnvoll: Für diesen Prozess eher geeignet wäre eine Differenzierung nach Einzugsgebieten. Die hydrologische Gefahr, welche – zusammen mit dem Flussbett – die Überschwemmungsgefahr bestimmt, setzt sich aus dem Einzugsgebiet und der Meteorologie zusammen. Unbestritten ist jedoch, dass letztere gemäss den aktuellen Klimaprognosen (Kapitel 2.3.2 und 2.3.3) das Potenzial für Hochwasserereignisse im Gebiet des Kantons Zürich sowie auch in der IBK-Region ansteigen lassen wird.



Die Zunahme und Verdichtung von Infrastrukturwerten – auch an exponierten Lagen – hat sich in der Vergangenheit negativ auf die Schadenkosten ausgewirkt (siehe auch Kapitel 3.9). Die künftige Raumentwicklung und -planung wird das Potenzial haben, die Auswirkungen des Klimawandels abzuschwächen oder gar zu verstärken.

Herausforderung  
Raumentwicklung

Geht man grundsätzlich von einer künftigen Zunahme von Extremen bei verschiedenen Prozessen aus, lassen sich daraus die folgenden Verallgemeinerungen ableiten:

Monitoring von Massnahmen  
und der laufenden Entwicklung

- Die Schutzwirkung baulicher Massnahmen oder von Ökosystemen muss periodisch anhand ihrer Wirkung gegenüber neuen Intensivereignissen und anhand neuer Erkenntnisse aus der Modellierung des künftigen Klimas überprüft werden (Monitoring).
- Für bestehende oder sich in Planung befindende Massnahmen ist ihr Verhalten im Überlastfall entscheidend.
- Die Dimensionierung einer Massnahme soll aufgrund des heutigen – beschränkten – Wissens bezüglich der Entwicklung künftiger Klimaprozesse im oberen Entscheidungsbereich liegen.
- Wo zusätzlicher Handlungsbedarf besteht, soll der Dialog mit den verschiedenen Anspruchsgruppen geführt werden.
- Die erforderlichen Mittel sollen bereitgestellt werden.

### Wahrnehmung und Kommunikation von Unsicherheiten

Die Wahrnehmung von Extremereignissen wird häufig vom Schadenausmass – und damit indirekt auch von Schutzmassnahmen – dominiert.<sup>69</sup> Auch wenn solche Ereignisse Bestandteil der natürlichen Landschaftsdynamik sind, werden sie von der Bevölkerung in einem solchen Fall als Schadenereignisse oder Naturkatastrophen wahrgenommen.

Die Wahrnehmung von  
Extremereignissen wird vom  
Schadenausmass dominiert.

### Unsicherheiten

Der Nachweis von Trends bei Extremereignissen ist aus prinzipiellen Gründen beschränkt. Je seltener ein Ereignis ist, desto schwieriger ist es, einen statistischen Trend nachzuweisen. Kleine Änderungen von Trends gehen im Rauschen der natürlichen Klimavariationen unter [12]. Das hat entscheidende Konsequenzen für die öffentliche Diskussion:

Trends können im Rauschen  
untergehen.

<sup>69</sup> Beim Hochwasser von 1993 in Brig betrug der Abfluss der Saltina  $90 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$  und der Schaden ungefähr 500 Mio. CHF. Im Oktober 2000 betrug der Abfluss gar  $125 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ . Die zwischenzeitlich erstellten Schutzbauten verhinderten jedoch grösseren Schaden und somit bleibt das Ereignis von 1993 das grösste Hochwasser [33].

Der Zusammenhang zwischen Extremereignissen und der Klimaänderung kann heute weder ausgeschlossen noch nachgewiesen werden.

Regionale Trends von Extremereignissen sind beschränkt.

Bauliche Massnahmen sind trotzdem sinnvoll.

- Die Häufung von Extremereignissen könnte das Resultat eines realen Trends oder aber zufällig sein. Für sehr seltene Ereignisse können derzeit keine genaueren Angaben gemacht werden [33].
- Das Auftreten von Extremereignissen impliziert einen Zusammenhang mit der globalen Klimaänderung. Dieser kann heute weder nachgewiesen noch ausgeschlossen werden [33].
- Etwaige Trends können natürliche oder anthropogene Ursachen haben.
- Aussagen über künftige Trends von Extremereignissen sind regional nur beschränkt möglich. Auch deutliche Signale können in Zukunft vom Rauschen überlagert werden.
- Trotzdem können bauliche Massnahmen bereits nach kurzer Zeit Wirkung zeigen:
  - Massnahmen<sup>70</sup> in Brig nach der Überschwemmung von 1993 haben sich im Herbst 2000 bewährt.
  - Massnahmen<sup>71</sup> im Berner Mattequartier nach den Überschwemmungen von 1999 und 2005 haben sich im Sommer 2007 bewährt.

---

<sup>70</sup> Schutzbauten

<sup>71</sup> bauliche Verbesserungen, Alarmierung, Entfernung mobiler Schwellen und des Schwemmholzes

### 3 Folgen des Klimawandels für Umwelt, Wirtschaft und Gesellschaft

Vom Klimawandel direkt oder indirekt betroffen sind viele Bereiche der Umwelt, Wirtschaft und Gesellschaft. Der Klimawandel bis 2050 wird die Lebensraumsicherheit im Kanton Zürich resp. im Bodenseeraum nicht grundsätzlich gefährden. Und die Nutzung der Ökosysteme wird den grösseren Einfluss auf ihre Schutzfunktion gegenüber Naturgefahren haben als die Klimaänderung. Die Landwirtschaft wird von einer geringen Temperaturerhöhung profitieren, eher problematisch hingegen dürfte sich die erwartete Zunahme der Witterungsvariabilität und der Extremereignisse auswirken. Stärker betroffen als von der Klimaänderung dürfte die Landwirtschaft künftig eher vom Strukturwandel und der Marktliberalisierung sein. Einen spürbaren Einfluss hat die Klimaänderung jedoch auf die Wasser- und Energiewirtschaft sowie Bauten und Infrastrukturen. Vermehrte Hitzewellen und Atemwegserkrankungen werden die Gesundheit und Leistungsfähigkeit der Menschen negativ beeinflussen. Die Versicherungen stellen eine Zunahme der Schadenskosten fest. Der Anteil der Klimaänderung an dieser Entwicklung ist jedoch unbekannt.

Es wird Nationen geben, deren Anpassungsfähigkeit künftig überfordert sein wird. Dazu werden der Kanton Zürich und die IBK-Region zwar nicht gehören. Weil aber der Klimawandel bestehende Umwelt- oder politische Krisen verstärken kann, dürften Umwelt- und politische Migration zunehmen.

#### 3.1 Identifikation potenziell betroffener Bereiche

Tabelle 5 identifiziert potenziell vom Klimawandel betroffene Bereiche der Umwelt, Wirtschaft und Gesellschaft und ordnet diese verschiedenen Systemen zu (Landökosysteme, Landwirtschaft, Wasserwirtschaft, etc.). Diesen Systemen entsprechend ist Kapitel 3 strukturiert. Inhaltlich orientiert es sich an den neusten Erkenntnissen aus dem Bericht CH2050 und fasst diese – soweit für den Kanton Zürich und die IBK-Region relevant – entsprechend zusammen.

Vom Klimawandel betroffene Bereiche der Umwelt, Wirtschaft und Gesellschaft

Tabelle 5: Identifikation vom Klimawandel potenziell betroffene Bereiche der Umwelt, Wirtschaft und Gesellschaft

Bereich	Umwelt	Wirtschaft	Gesellschaft
<b>Landökosysteme</b> (Kapitel 3.2 / 4.3)	Biodiversität	Wirtschaftlicher Nutzen	Naturgefahren Lebensraumsicherheit
	Wald		
<b>Landwirtschaft</b> (Kapitel 3.3 / 4.4)	Extreme Witterungsereignisse Wasserversorgung	Pflanzenproduktion Erzeugung von Lebensmitteln durch die Tierhaltung Ertragssicherheit	
		Marktliberalisierung Betriebsführung	
<b>Wasserwirtschaft</b> (Kapitel 3.4 / 4.5)	Gewässerökologie	Wassernutzung	
		Naturgefahr Wasser	
<b>Gesundheit</b> (Kapitel 3.5 / 4.6)			Naturgefahren
		Atemwegserkrankungen Allergien Lebensmittelhaltung	
		Vektorübertragene Krankheiten	
<b>Tourismus</b> (Kapitel 3.6 / 4.7)	Wetterextreme	Alpiner Tourismus	
<b>Energie</b> (Kapitel 3.7 / 4.8)		Elektrizitätsproduktion (Neue) erneuerbare Energien Energiepreise	
		Energieverbrauch	
<b>Bauten und Infrastrukturen</b> (Kapitel 3.8 / 4.9)		Gebäude Verkehrswege Urbaner Raum Wasserversorgung Abwasserentsorgung	
<b>Versicherungen</b> (Kapitel 3.9 / 4.10)		Schadenerfahrung Auswirkungen und Massnahmen	
<b>Volkswirtschaft</b> (Kapitel 3.10)	Nationale und internationale Einflüsse Gerechtigkeit zwischen den Generationen		
<b>Sicherheitspolitik</b> (Kapitel 3.11)	Umweltmigration	Politische Konflikte, Landnutzungskonflikte	

## 3.2 Landökosysteme

Das Thema Landökosysteme behandelt die Bereiche Biodiversität sowie Wald.

### 3.2.1 Biodiversität

#### Einleitung

Klimawandel beeinflusst bereits heute Produktion von Bioressourcen

In der Vergangenheit wurden die Landökosysteme stärker durch die Landnutzung beeinflusst als durch den Klimawandel. Die Auswirkungen des

Klimawandels auf die Produktion von Bioressourcen<sup>72</sup> sind allerdings heute schon zu beobachten.

Die Biodiversität und die Stabilität der Landökosysteme in den beiden Untersuchungsgebieten Kanton Zürich und IBK-Region wird sich langfristig nicht nur der Klimaänderung sondern auch der veränderten Landnutzung<sup>73</sup> anpassen.

Klimaänderung *und*  
Landnutzung verändern  
Biodiversität

Die Lebensraumsicherheit in der Schweiz und der IBK-Region wird bis 2050 durch den Klimawandel nicht gefährdet. Extremereignisse können lokal aber die Sicherheit von Ökosystemen gefährden.

Klimawandel gefährdet  
Lebensraumsicherheit nicht

## Folgen

Künftig ist mit den nachstehenden Folgen zu rechnen:

- In den tieferen Lagen der beiden Untersuchungsgebiete wird es zu einem Schwund bisheriger und zu einer Einwanderung<sup>74</sup> neuer Tier- und Pflanzenarten<sup>75</sup> aus wärmeren Gebieten kommen.
- In der Bilanz wird die Artenzahl ansteigen, da von mehr Einwanderungen<sup>76</sup> als Aussterbefälle ausgegangen wird.
- Bei ausreichender Feuchtigkeit führt die Erwärmung auch zu einer Verlängerung der Wachstumsperiode.<sup>77</sup> Ganz generell liefert die Beobachtung pflanzlicher Entwicklungsstadien einen guten Eindruck über die lokalen Auswirkungen der Klimaänderung.<sup>78</sup>
- Die Produktivität wird künftig jedoch durch Wassermangel bei hohen Temperaturen (wie im Sommer 2003 oder – wenn auch deutlich weniger – im Juli 2006) limitiert.
- Insbesondere die Kombination von hohen Temperaturen und geringen Niederschlägen wird sich künftig auf die Funktion und die Nutzung von Landökosystemen auswirken.
- Höher gelegene Bewirtschaftungszonen könnten künftig deshalb wieder an Bedeutung gewinnen.<sup>79</sup>

Artenzahl steigt an

Längere Wachstumsperiode

<sup>72</sup> bspw. Heu/Silage, Holz, Kohlenstoffspeicherung

<sup>73</sup> Ausdehnung der Siedlungsfläche, Zunahme des Verkehrs. Als wichtig erachtet wird in diesem Zusammenhang auch der sich politisch abzeichnende Übergang von einer integrativen Landnutzung (überall alles) zu einer sogenannten Segregation (Artenschutz an einem, intensive Produktion an einem anderen Ort).

<sup>74</sup> Anthropogene Einflüsse verstärken diese Einwanderung in den Siedlungsgebieten.

<sup>75</sup> Mangels Konkurrenz oder Krankheiten neigen die eingewanderten Arten zu Massenvermehrung.

<sup>76</sup> Oft aus dem Mittelmeerraum, gelegentlich allerdings aus anderen Kontinenten.

<sup>77</sup> Allerdings limitiert hier die genetisch festgelegte Entwicklungsrhythmik sowohl vieler Feldfrüchte als auch der heimischen Flora den möglichen Spielraum (< 2 Wochen).

<sup>78</sup> Seit 1950 zeigt sich ein Trend zur Vorverschiebung der Blütezeit von Kirschbäumen um 15 bis 20 Tage [32]. Die vermehrt auftretenden Winter ohne Frost haben die Ausbreitung der Hanfpalme im Tessin seit den 1950er-Jahren begünstigt. Heute gibt es bereits Hinweise auf eine Ausdehnung nördlich der Alpen [32].

<sup>79</sup> ZH, AI, AR, SG, BA, VB, LI

Anthropogene Nutzung  
relevanter als Klimawandel

- Es wird heute angenommen, dass die land- und forstwirtschaftliche sowie die touristische Nutzung der Ökosysteme das grössere Veränderungspotenzial für ihre Schutzfunktion gegenüber Naturgefahren haben als die zu erwartenden Klimaänderungen bis 2050.

### 3.2.2 Wald

#### Einleitung

Maximaler Holzvorrat	In der Schweiz beträgt der Anteil des Waldes an der gesamten Landesfläche 30.81% (1997). Vereinfacht ausgedrückt ist die Wald- und Siedlungsfläche zwischen 1985 <sup>80</sup> und 1997 <sup>81</sup> um 1.2% auf Kosten der landwirtschaftlichen Fläche angewachsen <sup>82</sup> . In den Schweizer Wäldern erreicht der Holzvorrat heute ein Maximum (sowohl bezüglich Flächeneinheit <sup>83</sup> als auch als Folge der Vergrösserung der Waldfläche). <sup>84</sup>
Vielfältige Belastungen	Die Wälder wuchsen in den letzten Jahrzehnten aber auch wegen den erhöhten N <sub>2</sub> -Einträgen und wegen günstiger Klimabedingungen deutlich schneller als früher. Heute sind 90% der Schweizer Wälder mit N <sub>2</sub> überversorgt. Dieser fördert zwar zunächst das Wachstum der oberirdischen Baumteile, aber nur so lange sich keine Nährstoffungleichgewichte einstellen. Treten letztere ein, ist gar eine Hemmung möglich [11]. <sup>85</sup> Die hohen Stickstoffeinträge wirken gleichzeitig auch versauernd auf den Boden. <sup>86</sup> Im Laufe der letzten zwanzig Jahre ist die Versorgung der Waldbäume mit mineralischen Nährstoffen (v. a. Phosphor und Magnesium) zunehmend schlechter geworden. Zwischen 1984 und 2004 lag die Ozonbelastung über dem Grenzwert für Wald [11].
Verlängerte Vegetationsperiode und Extremereignisse	Der Klimawandel äussert sich bereits heute in Form eines früheren Austriebs und einer Verlängerung der Vegetationsperiode (um 5-6 Tage) [29]. Extremereignisse <sup>87</sup> führten in jüngster Zeit immer wieder zu Schäden im Wald. <sup>88</sup>

<sup>80</sup> erste Arealstatistik aus den Jahren 1979-1985

<sup>81</sup> zweite Arealstatistik aus den Jahren 1992-1997

<sup>82</sup> Die stärkste Zunahme verzeichnet der Gebüschwald im Alpenraum.

<sup>83</sup> Als Folge der geringeren Nutzung.

<sup>84</sup> Pro Jahr werden in der Schweiz rund 5 Mio. m<sup>3</sup> Holz geschlagen. Aufgrund des jährlichen Zuwachses könnten jedoch 7 Mio. m<sup>3</sup> Holz genutzt werden.

<sup>85</sup> Zwischen 1998 und 2002 wurde bei Buche und Fichte eine Verminderung des Stammzuwachses um 22-23% festgestellt [11].

<sup>86</sup> 13% der Schweizer Waldflächen befinden sich in einem kritischen Versauerungszustand, weitere 20% sind stark versauert. In Zusammenhang mit basenarmen Böden stehen ein Längendefizit von Feinstwurzeln bei jungen Buchen, eine verminderte Tiefendurchwurzelung und ein stark erhöhter Windwurf von Buchen und Fichten (Wintersturm 'Lothar') [11].

<sup>87</sup> 'Vivian' 1990, 'Lothar' 1999, Hitzesommer 2003, Grossbrand im Wallis oberhalb Leuk 2003

<sup>88</sup> Durch zunehmende Unwetterereignisse und Dürreperioden wird für die land- und forstwirtschaftlichen Flächen in Bayern ein jährliches Schadenspotenzial von bis zu € 850 Mio. prognostiziert [7].

In der Vergangenheit traten vorübergehende Verluste an Lebensraumsicherheit auch in Wäldern auf: Dies vor allem dann, wenn Trockenheit zusammen mit hohen sommerlichen Temperaturen und einem verstärkten Insektenbefall zum flächenhaften Absterben von Bäumen führte (bspw. Borkenkäferepidemien nach dem Wintersturm 'Lothar' und im Trockensommer 2003, Föhrenwälder im Wallis<sup>89</sup>).

Vorübergehender Verlust der Lebensraumsicherheit

## Folgen

Künftig ist mit den nachstehenden Folgen zu rechnen:

- Die Produktivität im Wald und im Dauergrünland wird sich spürbar verändern: In höheren Lagen dominiert eine verstärkte Produktivität durch Erwärmung, in tieferen Lagen leidet sie unter sommerlicher Trockenheit. Die verstärkte Produktivität oder die Zunahme der Waldfläche zeigen aber auch positive Effekte: etwa durch die Stabilisierung steiler Hänge.
- Ein gesteigertes Baumwachstum als Folge der höheren CO<sub>2</sub>-Konzentrationen ist eher unwahrscheinlich, weil andere Nährstoffe – N<sub>2</sub> ausgenommen – nicht vermehrt zur Verfügung stehen werden [27]. Einzelne Nährstoffe könnten ins wachstumslimitierende Minimum geraten.
- Künftig wird der Wasserverfügbarkeit im Sommer und im Herbst – vor allem in Tallagen und im Hügelland – grössere Bedeutung zukommen.
- Aufgrund vermehrter Trockenperioden im Sommer wird das Waldbrandrisiko zunehmen.
- Die Gesundheit der Wälder wird labiler (mehr Schädlinge, mehr Wasserstress).
- Buchen werden bei zunehmenden Trockenperioden an ihre Existenzgrenzen stossen. Fichten werden zunehmend von Borkenkäfern befallen.<sup>90</sup>
- Vermehrtes Auftreten von Neophyten<sup>91</sup>.
- Das Ökosystem Wald wird künftig nicht nur durch das sich verändernde Klima, sondern weiterhin auch durch die sich stark ändernde Landnutzung<sup>92</sup> beeinflusst und es wird zu einem Übergang von der heutigen Multifunktionalität zu einer Aufteilung der Flächen entsprechend ihrer jeweiligen primären Waldfunktion kommen: bspw. subventionierte Pflege für Schutzwälder und Waldschutzgebiete sowie Wälder ohne und mit kommerzieller Waldnutzung.

Erhöhte Produktivität und Zunahme der Waldfläche

Gleichgewicht der Nährstoffe ist entscheidend

Geänderte Landnutzung

<sup>89</sup> Die Aufgabe der Waldweide zusammen mit dem Auftreten wärmerer und trockenerer Sommer führt im Wallis zu einer Ablösung der tief gelegenen Walliser Föhrenwälder mit Flaumeichenwäldern [35].

<sup>90</sup> Hitzeperioden und warme Winter begünstigen Insekten.

<sup>91</sup> Pflanzen, die sich in für sie ursprünglich fremden Gebieten ausbreiten.

<sup>92</sup> Wo es im Gebirge zur Aufgabe der landwirtschaftlichen Nutzung kommt, vergangen Flächen, Wald wandert ein. Als Folge wird durch Transpiration der nun höheren Pflanzen mehr Wasser an die Atmosphäre abgegeben als früher und es fließt weniger Wasser ab, was die Leistung eines Wasserkraftwerkes reduzieren kann [26].

Handlungsspielraum ändert sich

- Die Bewirtschaftung des Waldes wird sich in Zukunft an die veränderten Umweltbedingungen anpassen müssen (bspw. Veränderung der Baumartenwahl). Der waldbauliche Handlungsspielraum der Forstpraxis wird sich möglicherweise deutlich einengen.

### 3.3 Landwirtschaft

#### Einleitung

Landwirtschaft spürt Klimawandel schon heute

Bereits heute äussert sich die Klimaänderung in der Landwirtschaft etwa durch eine verlängerte Vegetations- oder Weideperiode respektive durch den Einfluss von Intensivereignissen.

Marktliberalisierung relevanter als Klimawandel

Es wird angenommen, dass in der Schweiz in Zukunft die Marktliberalisierung einen grösseren Einfluss auf die Landwirtschaft als die Klimaänderung haben wird.

#### Folgen

Künftig ist mit den nachstehenden Folgen zu rechnen:

Landwirtschaft profitiert bei moderater Klimaänderung – Extremereignisse als Herausforderung

- Eine Klimaänderung von 2-3 °C im Sinne des Szenarios 2050 (Kapitel 2.3.2) wird sich in vielen Fällen günstig auf die Landwirtschaft auswirken.<sup>93</sup> Die erwartete Zunahme von Hitzesommern und Starkniederschlägen dürfte sich jedoch negativ auf die landwirtschaftlichen Erträge auswirken.<sup>94</sup> Für Hagelereignisse sind keine Prognosen möglich.
- Bei einer stärkeren Erwärmung als 2-3 °C werden jedoch die Nachteile überwiegen.<sup>95</sup>
- Es ist heute unsicher, wie sich diese Veränderungen regional äussern werden (Entstehung von Gunst- und Ungunstlagen).
- Bewässerung landwirtschaftlicher Kulturen wird vielerorts nötig sein.<sup>96</sup>
- Die Klimaänderung begünstigt Unkräuter und Insektenschädlinge. Die Entwicklung pilzlicher und bakterieller Erreger hingegen ist primär von der Wirtspflanze abhängig. Es ist wird erwartet, dass die Klimaänderung den Rhythmus der Schädlingsproblematik beschleunigt. Vereinfachungen in der Fruchtfolge und die Konzentration auf wenige Kulturpflanzen akzentuieren die Schädlingsproblematik. Beachtet werden muss in Zukunft auch ein allfälliger Einfluss der künstlichen Bewässerung auf die Verbreitung von Krankheitserregern.

Beschleunigter Rhythmus der Schädlingsproblematik

<sup>93</sup> höherer potenzieller Ernteertrag landwirtschaftlicher Kulturpflanzen, steigende Zahl der Feldarbeitstage, geringerer Bodenwassergehalt begünstigt Einsatz von grösseren landwirtschaftlichen Maschinen, mehr sommerliche Trockentag begünstigen Abtrocknung im Futterbau

<sup>94</sup> Schäden an Ackerkulturen, Einbussen im Futterbau, höhere Bodenerosion

<sup>95</sup> beschleunigte Pflanzenentwicklung (bewirkt Ertragseinbussen), höhere potenzielle Verdunstung

<sup>96</sup> Eine Verknappung der lokalen Wasserverfügbarkeit wird allerdings nicht nur vom Wasserbedarf der Kulturen sondern auch von den Standortbedingungen abhängen.



- Offen ist, wie die in den letzten Jahren wieder stark zugenommene Weidenutzung von mehr potentiellen Weidetagen profitieren respektive durch die Abnahme optimaler Weidetage<sup>97</sup> beeinträchtigt wird.
- Die künftige Zunahme von Trockenperioden und Intensivniederschlägen kann zeitlich die Verfügbarkeit von Nährstoffen einschränken sowie die Problematik der Bodenerosion verschärfen.
- Insgesamt wird der Landwirtschaft eine genügend grosse Anpassungsfähigkeit attestiert, um sich durch geeignete Massnahmen im Bereich Kulturen-/Sortenwahl und Anbauverfahren sowie der Betriebsführung an eine künftige Klimaänderung im Bereich von 2-3 °C anzupassen. Die grösste Herausforderung dürfte jedoch die Witterungsvariabilität respektive die Zunahme von Extremereignissen werden.

Ausreichend anpassungsfähig

Allerdings ist in der Schweiz und im benachbarten Ausland im Tierreich ein vermehrter Ausbruch von Krankheiten beobachtbar, die durch exotische Vektoren übertragen werden.<sup>98</sup>

## 3.4 Wasserwirtschaft

Das Thema Wasserwirtschaft behandelt die Bereiche Abflüsse, Gewässerökologie, Grundwasser, Wasserversorgung sowie Abwasserentsorgung.

### 3.4.1 Abflüsse

#### Einleitung

**Schweiz:** Bei einer Trendanalyse von Abflüssen kleiner und mittlerer Einzugsgebiete wurde in vielen der untersuchten Flüsse eine Zunahme der Jahresabflüsse als Folge höherer Abflüsse im Winter und Frühling festgestellt [10].<sup>99</sup> Die Zunahme intensiver Winterniederschläge erklärt einen Teil dieser Beobachtung [43].

Zunahme der Jahresabflüsse

**Süddeutschland:** Während der letzten 70 bis 150 Jahre sind sowohl bei den jährlichen als auch bei den Höchstabflüssen im Sommer- und Winterhalbjahr keine signifikanten Veränderungen festzustellen. Für die letzten 30 Jahre weist jedoch eine Mehrzahl der Pegel zunehmende Trends auf. Die Häufigkeit von Winterhochwassern hat im südlichen Baden-Württemberg seit den 1970er-Jahren zugenommen. Auch im Sommerhalbjahr sind Zu-

<sup>97</sup> bedingt durch mehr Tage mit hohen Temperaturen respektive Trockenheit

<sup>98</sup> Die Blauzungenkrankheit grassiert gegenwärtig in Deutschland, Belgien, Holland, Frankreich und Luxemburg und wurde im Oktober 2007 erstmals auch in der Schweiz diagnostiziert. Bauern und Tierärzte müssen Verdachtsfälle sofort dem Kantonstierarzt melden.

<sup>99</sup> Periode 1930-2000

nahmen feststellbar. Die monatlichen Hochwasserabflüsse sind ab den 1970er-Jahren höher als zuvor [23].

Extreme Sommer- und Winterhochwasser beim Bodensee

Der Bodensee hat in den letzten 40 Jahren drei extreme Sommerhochwasser (1965, 1987 und 1999) und einige ausserordentlich hohe Winterwasserstände (bspw. 2002/2003) erlebt. Daneben gab es auch eine Reihe von sommerlichen (bspw. 2003 und 2006) und winterlichen (2005/2006) Niedrigwasserständen. Diese hydrologischen Ereignisse bestätigen den Befund, dass extreme Klimaereignisse in den letzten Jahrzehnten zugenommen haben [36].

### Folgen

Niedrig- und Hochwasser als Problem

Generell wird der Klimawandel künftig sowohl Niedrig- als auch Hochwassersituationen verstärken. Im Sommer und Herbst wird von einem reduzierten Wasserangebot ausgegangen. Dies hat folgende Konsequenzen:

- Produktionseinbussen in der Landwirtschaft wegen Wassermangel.
- Die Stromproduktion ist vom reduzierten Wasserangebot (Wasserkraftwerke) und von den erhöhten Wassertemperaturen betroffen (Entnahme von Kühlwasser).
- Einschränkungen für die Rheinschifffahrt im Sommer und Herbst.
- Die zu erwartenden Abflüsse erfordern einen höheren Schutz vor Hochwasser.

10% geringere Jahresabflüsse

**Schweiz:** Aufgrund des Szenarios 2050 ist auch in Zukunft mit einer Zunahme der Abflüsse im Winter und Frühling zu rechnen.<sup>100,101</sup> Aufgrund des geringeren Niederschlagsvolumens und der höheren Verdunstung wird das jährliche Abflussvolumen um ca. 10% abnehmen [25].<sup>102</sup>

Häufigere und grössere Hochwasser im Winterhalbjahr

Mittlere und grosse Einzugsgebiete: Im Winter und während den Übergangsjahreszeiten ist im Mittelland aufgrund der stärker gesättigten Böden und wegen der höheren Niederschlagsintensitäten mit häufigeren und teilweise grösseren Hochwassern zu rechnen [35].<sup>103</sup>

<sup>100</sup> Aufgrund der Zunahme der Winterniederschläge, die zudem bis in höhere Lagen als flüssiger Niederschlag vorkommen (Anstieg der Schneegrenze bei einer mittleren Erwärmung um ungefähr 360 m).

<sup>101</sup> Erhöhte Niederschlagsintensitäten allein bedeuten allerdings nicht automatisch erhöhte Abflussspitzen [1]. Entscheidend ist etwa der künftige Verlauf von Niederschlagsereignissen, die Entwicklung oder sogar die Überlagerung von Vorregen, Bodenwassergehalt, Grundwasserständen sowie der Zustand der Schneedecke (Aufbau, Schmelze) [25].

<sup>102</sup> Der Beitrag des Schmelzwassers der Gletscher am Abfluss grosser Flüsse beträgt weniger als 1% und kann deshalb den Rückgang – auch vorübergehend – nicht kompensieren.

<sup>103</sup> Der Bericht CH2050 geht davon aus, dass es bei einer Temperaturzunahme zu einem häufigeren Wechsel zwischen Schneefall und Schneeschmelze kommen wird, so dass sich am Alpenrand jeweils mehrere Tagesniederschläge im Abfluss kumulieren respektive überlagern.

Kleine Einzugsgebiete: Die grössten Hochwasser treten im Sommer meist nach kurzen aber intensiven Gewitterniederschlägen<sup>104</sup> auf. Wie sich diese in Zukunft entwickeln, ist unsicher.

Insgesamt wird der Feststofftransport zunehmen.

**Süddeutschland:** Künftig muss von einer Erhöhung der Abflüsse ausgegangen werden. Die bisherigen Untersuchungen zeigen zudem, dass bei der Festlegung der Bemessungsabflüsse zusätzlich auch ein Klimaänderungsfaktor bei neuen Hochwasserschutzkonzepten berücksichtigt werden muss [23].

Klimaänderungsfaktor

**Bayern:** Im Flusseinzugsgebiet des Neckars wird beispielsweise die Zunahme des hundertjährigen Hochwasserabflusses ( $HQ_{100}$ <sup>105</sup>) ca. 15% betragen. Für das obere Maingebiet geht man von ähnlichen Grössenordnungen aus. Als pauschaler Zuschlag wurde deshalb in Bayern für ein  $HQ_{100}$  zunächst ein Klimaänderungsfaktor von 15% festgelegt [23] (siehe Kapitel 2.3.2).<sup>106</sup>

15% Zuschlag für  $HQ_{100}$  in Bayern

**Baden-Württemberg:** Bei den Niedrigwasserabflüssen zeigen sich regionsspezifisch sehr eindeutige Tendenzen: Abnehmende Tendenzen sind künftig vor allem in den südlichen Einzugsgebieten zwischen Donau und Bodensee, dem Hochrhein-Gebiet und dem südlichen Oberrhein-Gebiet bis zur Murgmündung zu erwarten. Im nördlichen Oberrhein-Gebiet ab der Murgmündung ergeben sich dagegen Zunahmen bei den Niedrigwasserabflüssen [23].

Regionsspezifische Trends bei Niedrigwasserabflüssen

### 3.4.2 Gewässerökologie

#### Einleitung

Der Anstieg der mittleren Wassertemperatur in den Schweizer Flüssen verlief seit 1965 parallel zum Anstieg der mittleren Lufttemperatur. Zeitgleich mit dieser Erwärmung nimmt der Bestand an Bachforellen ab. Im Bodensee sind die Jahresmittel der Wassertemperaturen der Oberflächenschicht während der letzten 20 Jahre stark angestiegen [36].

Steigende Wassertemperaturen

#### Folgen

Künftig ist mit den nachstehenden Folgen zu rechnen:

<sup>104</sup> konvektive Starkniederschläge

<sup>105</sup> Ein Hochwasserabfluss, der im Durchschnitt alle 100 Jahre einmal auftritt.

<sup>106</sup> also  $1.15 \cdot HQ_{100}$

- 2 °C Anstieg der Wassertemperaturen bis 2050

  - Die Entwicklung der Wassertemperatur wird auch künftig stark mit dem weiteren Trend der Lufttemperatur korreliert sein. Bis 2050 werden die Wassertemperaturen in den Flüssen und in der Oberflächenschicht der Mittellandseen um ca. 2 °C<sup>107</sup> ansteigen.
- Geringere Durchmischung und Sauerstoffmangel

  - Die Oberflächenschicht der Mittellandseen erwärmt sich stärker als das Tiefenwasser. Damit nehmen Stabilität und Dauer der Dichteschichtung zu. Sauerstoffmangel im Tiefenwasser wird wahrscheinlicher. Das bedeutet, dass die Zirkulationsphasen in den Wintermonaten später und verkürzt auftreten, sich der Lebensraum für Kaltwasserfische in den Sommermonaten weiter verkleinert und die Gefahr für Fischsterben und ein vermehrtes Auftreten von Massenentwicklungen von Algen steigt (Geruchsbelästigungen).
  - Bei kleinen und mittleren Fließgewässern des Mittellandes werden die Trockenperioden zunehmen.
- Schlechteres Verdünnungsverhältnis

  - Die geringeren Abflussmengen in den Fließgewässern verschlechtern das Verdünnungsverhältnis zwischen dem gereinigten Abwasser und dem Flusswasser. Damit nimmt die Wasserqualität speziell in kleineren Fließgewässern ab. Verstärkt wird dieser Effekt durch die zu erwartenden höheren Wassertemperaturen (bspw. Ammonium / Ammoniak-Gleichgewicht, sinkende Sauerstoffsättigung, Beeinträchtigung der Fische).
  - Kalt- und Warmwasserfische profitieren von wärmeren Wintern; die Habitate von Kaltwasserfischen verkleinern sich.
  - Die Grundwasserneubildung wird im Sommer und im Herbst in den nicht vergletscherten Gebieten abnehmen.
- Schlechtere Lebensbedingungen

  - Die häufigere Entnahme von Wasser für die Bewässerung während Trockenheit in den Fließgewässern führt zu einer weiteren Verschlechterung der Lebensbedingungen für Wasserlebewesen. Bei Gewittern besteht eine erhöhte Gefahr von Fischsterben (Entlastung springt an, obwohl das Fließgewässer noch Niedrwasser führt).
  - Häufigere Starkregenereignisse führen zu vermehrten Entlastungen aus der Siedlungsentwässerung, zu stärkerer Abschwemmung von Nährstoffen aus landwirtschaftlichen Kulturen sowie zu einer Drift von Makroinvertebraten bis hin zur Verarmung der Bachbiocoenosen.

### 3.4.3 Grundwasser

#### Einleitung

Sinkendes Grundwasser

Als Folge der anhaltenden Niederschlagsdefizite und der monatelangen niedrigen Abflussmengen in den Schweizer Mittellandflüssen ohne vergletschertes Einzugsgebiet fielen die Grundwasserstände im Laufe des Jahres 2003 und lokal wurden die langjährigen Minima unterschritten. Die starken aber nur sehr kurzen Niederschläge im Oktober führten zunächst zwar zum

<sup>107</sup> gegenüber 1990

Anstieg der Abflüsse in Flüssen und Bächen, hatten in diesen Gebieten jedoch keinen Einfluss auf die Grundwasserstände, da der grösste Teil des Wassers rasch an der Oberfläche abfloss. Erst im Januar 2004 stiegen die Grundwasserstände in Folge der Winterniederschläge rasch an und erreichten bald wieder die langjährigen mittleren Verhältnisse.<sup>108</sup>

## Folgen

Künftig ist mit den nachstehenden Folgen zu rechnen:

- Die Niederschlagsintensität und -verteilung bestimmen erheblich die Versickerung und die Wasserführung von Oberflächengewässern und damit die Grundwasserneubildung. Hohe Niederschlagsintensitäten bewirken eine verminderte Grundwasserneubildung.
- Die Niederschlagsintensität und -verteilung beeinflussen aber auch die Auswaschung von Dünger (bspw. Nitrat) und Pflanzenschutzmitteln ins Grundwasser. Es wird tendenziell zu einer höheren Abschwemmung und Auswaschung kommen.
- Der Bericht CH2050 geht davon aus, dass als Folge der Klimaänderung die Grundwasserneubildung im Winter eher zunehmen, im Sommer und Herbst zurückgehen wird. Insgesamt werden die Grundwasserstände sinken. Wie die Grundwasserstände reagieren, wird aber primär davon abhängen, wie die einzelnen Grundwasserspeicher gespeisen werden. Dazu kommt, dass die verschiedenen Grundwasserleitertypen reagieren unterschiedlich schnell auf klimatische Veränderungen. Flächenmässig besteht das Gebiet des Kantons Zürich und der IBK primär aus Kluft-, sekundär aus Lockergesteins- und tertiär aus Karst-Grundwasserleitern<sup>109</sup>, wobei die Lockergesteins-Grundwasserleiter die grösste Bedeutung für die Trink- und Brauchwassernutzung besitzen.
- Quellschüttungen bei oberflächennahen Quellen (mit kleinem Einzugsgebiet) und bei Karst-Grundwasserleitern: können künftig saisonal stärker schwanken und im Sommer und Herbst zum Teil versiegen.
- Grundwasservorkommen in Lockergesteins-Grundwasserleitern (mitteländisches Fliessregime in Talschottern): Es wird erwartet, dass die Grundwasserstände im Sommer und Herbst sinken.
- In Kluft-Grundwasserleitern wird ebenfalls ein leichter Rückgang der Grundwasserstände erwartet.

Verminderte Neubildung des Grundwassers...

... und höhere Auswaschung

Sinkende Grundwasserstände

<sup>108</sup> Gravierender war die Lage 2003 in Gebieten, in denen kleine Quellen aus oberflächennahen Karst-, Kluft- und Lockergesteins-Grundwasservorkommen gespeist werden. Dort führte die sommerliche Trockenheit zum drastischen Rückgang der Quellschüttungen. Gleichzeitig stieg jedoch der Wasserkonsum um bis zu einem Drittel an. In der Folge mussten einzelne Wasserversorgungen vorsorglich die öffentlichen Brunnen abstellen und die Rasenbewässerung, das Füllen von privaten Schwimmbecken oder die Autowäsche untersagen. Keine Probleme löste dieser Rückgang der Quellschüttungen in Gemeinden aus, die an grössere Wasserverbundnetze angeschlossen sind oder aus unterschiedlichen Wasserressourcen (Quellen, Pumpwerke und Seewasser) versorgt werden.

<sup>109</sup> 83% des Trink- und Brauchwassers in der Schweiz stammen aus dem Grundwasser (davon 44% aus Quellen im Karst-, 39% aus Filterbrunnen im Lockergesteins-Grundwasserleiter), 17% aus Seewasser.

### 3.4.4 Wasserversorgung

Vernetzung der Trinkwasser-  
Infrastruktur

Mit der Klimaänderung wird der Bedarf an Wasser mit Trinkwasserqualität zunehmen. Ebenso ansteigen wird der Verbrauch für die Gartenbewässerung. Zusätzliche Bedarfsspitzen sollten jedoch auch in Zukunft abgedeckt werden können, da das Grundwasser selten bis an die Kapazitätsgrenze genutzt wird und die Seen genügend Wasserreserven aufweisen. Eine entsprechende Vernetzung der Infrastruktur ist allerdings Voraussetzung. Lokal und temporär ist jedoch mit sinkenden Grundwasserspiegeln zu rechnen (siehe 3.4.3).<sup>110</sup>

Höhere Wassertemperaturen könnten sich allenfalls unangenehm – nicht aber kritisch – auf die Qualität des Rohwassers auswirken. In Verteilleitungen nimmt die Gefahr der Wiederverkeimung zu.

### 3.4.5 Abwasserentsorgung

Trockenperioden und intensivere  
Niederschläge als Problem

**Kanalisation:** Höhere Temperaturen in der Kanalisation könnten zu vermehrter Betonkorrosion führen. Geruchsprobleme treten häufiger auf. Bei Trockenperioden verringert sich das Eindringen von Grundwasser in die Kanalisation (erhöhte Sedimentation in den Kanälen), gleichzeitig nimmt das Auslaufen von Abwasser zu (evtl. Belastung des Grundwassers). Unter Umständen ändern sich auch die Anforderungen an die Mischwasserbehandlung (mit Schmutzwasser vermisches Regenwasser, das die Kläranlage nicht mehr aufnehmen kann), wenn die Verdünnung in kleineren Flüssen wegen geringer Wasserführung oder Trockenheit nicht mehr gewährleistet ist. Bei abnehmendem Fremdwasseranteil verringert sich die Schleppkraft in der Kanalisation (Gefahr von Verstopfungen, Auswirkungen auf Kläranlagen). Auf der anderen Seite erhöhen intensivere Niederschläge die Gefahr von Rückstauungen in der Kanalisation und damit überschwemmter Untergeschosse oder ganzer Quartiere [35].

Höhere Anforderungen an die  
Abwasserreinigung

**Abwasserreinigung:** Die biologischen Prozesse werden sich bei höheren Temperaturen beschleunigen. In der Folge wird auch der Sauerstoffbedarf ansteigen (Nachrüstung der Anlagen). Die höheren Gewässertemperaturen, das vermehrte Auftreten von Niedrigwasser als Folge zunehmender Trockenheit sowie der zu erwartende höhere Bedarf an Bewässerungswasser werden die Anforderungen an die Abwasserreinigung erhöhen [35].

<sup>110</sup> Kritisch ist jedoch die Wasserfassung aus Quellen in ländlichen und schlecht vernetzten Karstgebieten: Oberflächlich gespiesene Quellen mit kleinen Einzugsgebieten könnten dann versiegen.

## 3.5 Gesundheit

### Einleitung

Es wird erwartet, dass die künftigen Auswirkungen des Klimawandels – zusammen mit anderen sozioökonomischen und ökologischen Veränderungen – auch die Gesundheit der Menschen beeinflussen werden.

### Folgen

Künftig ist mit den nachstehenden Folgen zu rechnen:

- **Hitzewellen:** Der Hitzesommer 2003 hat in der Schweiz zu rund 1000<sup>111</sup>, europaweit zu ca. 35'000 zusätzlichen Todesfällen geführt [35], die Mortalität ist in den Monaten Juni bis August 2003 um 7% angestiegen [14].<sup>112</sup> Ähnliche klimatische Bedingungen sind bis 2050 alle paar Jahre zu erwarten und werden die wichtigsten klimabedingten Auswirkungen auf die Gesundheit der Menschen sein. Unklar ist die Anpassungszeit des menschlichen Organismus und der ganzen Bevölkerung an diese neuen Bedingungen.
- **Naturgefahren:** Extremereignisse erhöhen die Wahrscheinlichkeit von Naturgefahren. Prozesse und Zustände also, die Gesellschaft und Umwelt bedrohen. Stürme, Überschwemmungen und Massenbewegungen verursachen Tote und Verletzte und haben schwerwiegende psychische Folgen. Im Vergleich zu Hitzewellen verursachen Naturgefahren im Allgemeinen jedoch weniger Todesfälle. Bei Überschwemmungen besteht die Gefahr einer lokalen Trinkwasser-Verschmutzung.<sup>113</sup>
- **Lebensmittelvergiftungen:** Als Folge der höheren mittleren Temperaturen und bei Hitzewellen nimmt die Gefahr von Vergiftungen aufgrund verdorbener Lebensmittel<sup>114</sup> zu. Betroffen ist vor allem der Privatbereich, wo das entsprechende Wissen im fachgerechten Umgang mit anfälligen Lebensmitteln nur beschränkt vorhanden ist. In der Lebensmittelindustrie kommt der Einhaltung der Hygienevorschriften verstärkte Bedeutung zu.
- **Atemwegserkrankungen und Allergien:** Die Klimaerwärmung und das häufigere Auftreten von Hitzewellen begünstigen hohe Ozonkonzentrationen (und andere Oxidationsprozesse), die bei höheren Temperaturen und gleichen Ausgangsbedingungen häufiger werden. Das Ozon erreichte im Hitzesommer 2003 in der ganzen Schweiz gesundheitsschädliche Konzentrationen [45]. Die Klimaänderung hat auch Auswirkungen auf die Pollenbelastung. So setzt heute die Pollenbelastung früher im Jahr ein und die Belastungszeit für Allergiker wird wegen der Klimaerwärmung länger werden. Eine zusätzliche Belastung

35'000 hitzbedingte Todesfälle  
in Europa im Jahr 2003

Extremereignisse erhöhen  
Wahrscheinlichkeit von  
Naturgefahren

Hygienevorschriften einhalten

Hohe Ozon- und Pollenbelastung

<sup>111</sup> Ein Drittel davon ist den erhöhten Ozonwerten zuzuschreiben.

<sup>112</sup> Die höhere Mortalität beschränkte sich auf die Alpennordseite. Vor allem ältere Menschen in städtischen und vorstädtischen Gebieten in Basel, Genf und Lausanne waren davon betroffen [14]. Es ist wahrscheinlich, dass ein Teil dieser hitzbedingten Todesfälle Menschen mit einem kritischen Allgemeinzustand betraf, die ohnehin in Kürze gestorben wären.

<sup>113</sup> bspw. bei den Hochwassern 2005 und 2007

<sup>114</sup> bspw. durch Salmonellen

Zunahme vektorübertragener  
exotischer Krankheiten beim  
Menschen wenig wahrscheinlich

bildet beispielsweise die Ausbreitung von Ambrosia<sup>115</sup> oder anderer mediterraner Pflanzen mit grossem Allergienpotenzial<sup>116</sup>.

- **Vektorübertragene Krankheiten:** In der Schweiz unwahrscheinlich ist die Zunahme von vektorübertragenen exotischen Krankheiten (Malaria<sup>117</sup> oder Dengue-Fieber), die nur beim Menschen ausbrechen.<sup>118</sup> Allerdings ist in der Schweiz und im benachbarten Ausland im Tierreich ein vermehrter Ausbruch von Krankheiten beobachtbar, die durch exotische Vektoren übertragen werden.<sup>119</sup> Im Vormarsch sind Krankheiten, die von Tieren auf Menschen übertragen werden (bspw. West-Nil-Fieber<sup>120</sup>). Eine stärkere Auswirkung als auf exotische Krankheiten könnte die Klimaänderung auf einheimische Krankheiten haben (bspw. auf die durch Zecken übertragene Borreliose und Enzephalitis). In der Schweiz wird die Verbreitung der Zecken durch die untere Temperaturschwelle (höhere Temperaturen begünstigen also die Überlebenschancen) und Trockenheit (vermehrte Trockenperioden beschränken das Verbreitungsgebiet) begrenzt. Höhere Temperaturen verlängern den Aktivitätszeitraum der Zecken, evtl. die Infektionsrate aber auch das Freizeitverhalten der Menschen. In der Schweiz ist derzeit eine Zunahme, in Österreich eine Abnahme<sup>121</sup> der Zeckenzephalitis zu beobachten.

## 3.6 Tourismus

### Einleitung

Tourismus reagiert kurzfristig

Für den Tourismus spielt das Klima eine zentrale Rolle. Es ist daher davon auszugehen, dass die Auswirkungen des Klimawandels auch den Tourismus beeinflussen werden. Wie sich dieser jedoch bis 2050 entwickeln wird, hängt von einer ganzen Reihe von Faktoren<sup>122</sup> ab. Zudem passt sich der Tourismus laufend den neuen Herausforderungen an und ist weniger auf langfristige Strategien ausgelegt.

<sup>115</sup> Die Ambrosia ist im Kanton Zürich häufig verbreitet. Fundstandorte sind aber auch aus den Kantonen SH, TG, AR, AI und SG bekannt.

<sup>116</sup> Parietaria (Glaskräuter), Cupressaceae, Olea (Ölbäume), Platanus (Platanengewächse), Chenopodiaceae (Fuchsschwanzgewächse)

<sup>117</sup> Es könnte allerdings zu einer leichten Zunahme der 'Flughafen-Malaria' (durch den Flugverkehr importierte Vektoren) kommen, da die übertragenden Anopheles-Mücken bei höheren Temperaturen länger überleben.

<sup>118</sup> Die Verbreitung vektorübertragener Krankheiten ist nicht nur vom Klimawandel, sondern beispielsweise auch von der Vegetation (bspw. Sumpfgebiete) oder von den hygienischen Verhältnissen abhängig. Gleichzeitig führt auch die zunehmende Mobilität als Folge der Globalisierung zu mehr importierten Vektoren.

<sup>119</sup> Anaplasmosen oder auch die Blauzungenkrankheit

<sup>120</sup> Das West-Nil-Virus infiziert hauptsächlich Vögel, kann aber auch auf Menschen, Pferde und andere Säugetiere übertragen werden.

<sup>121</sup> Als Folge eines konsequenten Impfprogrammes.

<sup>122</sup> Globalisierung, neue Technologien, Terrorismus, kriegerische Handlungen, Gesundheitsgefährdungen, Umweltveränderungen, Migration, etc.



## Folgen

In Bezug auf die verschiedenen touristischen Zonen wird heute mit den folgenden Auswirkungen gerechnet:

- **Städtetourismus:** Hitzeperioden und hohe Ozon- und Feinstaubbelastungen können der Attraktivität von Städten künftig schaden und dazu führen, dass Touristen ländliche oder alpine Regionen bevorzugt aufsuchen. Auf der anderen Seite können heiße Sommer zu einer Belebung des öffentlichen Raumes führen.
- **Ländlicher Tourismus:** Die steigende Schneefallgrenze wird dazu führen, dass gerade in den Voralpen Skigebiete nicht mehr rentabel betrieben und künstliche Beschneiungsanlagen nicht mehr (effizient) eingesetzt werden können. Ländliche Regionen und Seenregionen wie etwa die Bodenseeregion können bei Hitzeperioden vermehrt vom städtischen Ausflugtourismus profitieren.
- **Alpiner Tourismus:** Auf der einen Seite können die alpinen Regionen bei Hitzeperioden vermehrt auch im Sommer vom Ausflugtourismus profitieren. Auf der anderen Seite verringern die abnehmende Schneesicherheit und der Gletscherschwund die Attraktivität des alpinen Raumes. Das Potenzial von Naturgefahren wird im alpinen Raum ansteigen.

Belebung öffentlicher Raum

Ländlicher und alpiner Tourismus profitieren vom Ausflug-tourismus

Auch die touristischen Leistungsträger sind davon betroffen:

- **Bergbahnen:** Heute gelten in der Schweiz 97% der Skigebiete als schneesicher<sup>123</sup>. Bis 2050 wird die Grenze der Schneesicherheit um 300 m ansteigen, womit noch 79% der Skigebiete schneesicher wären [1]. Der auftauende Permafrost stellt für zahlreiche Bergbahnen ein finanzielles Risiko dar. Auch wenn die Bergbahnen von einem zunehmenden Sommertourismus profitieren werden, sind sie dennoch auf die Wintersaison angewiesen.
- **Beherbergung:** In Gebieten, wo die Schneesicherheit abnimmt, werden die Beherbergungszahlen künftig einen Einbruch erleiden. Hingegen wird die Nachfrage nach Beherbergung (auch im Zweitwohnungsbereich) in schneesicheren Gebieten zunehmen. Allerdings sieht sich die Hotellerie auch ohne Klimaänderung mit zahlreichen Problemen<sup>124</sup> konfrontiert, die nicht im Zusammenhang mit der Klimaänderung stehen.
- **Outdoorveranstalter:** Vermehrte Extremereignisse und das erhöhte Gefahrenpotenzial von Naturgefahren verändern die Gefahrendisposition für Outdooraktivitäten und -veranstalter.

2050 noch 79% der Skigebiete schneesicher

Klima- und Strukturwandel

<sup>123</sup> Definition der Schneesicherheit: Mindestens 7 von 10 Winter weisen an mindestens 100 Tagen zwischen dem 1.12. und dem 15.4. eine für den Schneesport ausreichende Schneedecke von mindestens 0.3 m auf.

<sup>124</sup> Kostendruck, Rentabilität, Auslastungszahlen, Investitionsbedarf, etc.

## 3.7 Energie

Das Thema Energie behandelt die Bereiche Energieverbrauch sowie Elektrizitätsproduktion.

### 3.7.1 Einleitung

Energiesektor als Verursacher  
und Betroffener

Im Zusammenhang mit dem Klimawandel gilt der Energiesektor meist als Verursacher, denn als wichtigste Quelle anthropogener Treibhausgase spielt er im Zusammenhang mit Klimaschutzmassnahmen (Emissionsreduktionen) eine zentrale Rolle. Wie die nachfolgenden Ausführungen jedoch zeigen, ist der Energiesektor auch selbst von den Folgen des Klimawandels betroffen.

Analog den Landökosystemen (Kapitel 3.2) sowie der Landwirtschaft (Kapitel 3.3) wird allerdings auch der Energiebereich künftig von Einflussfaktoren wie dem Wirtschaftswachstum, der Technologieentwicklung, der Strommarktliberalisierung sowie der Bevölkerungsentwicklung stärker geprägt werden als vom Klimawandel.

### 3.7.2 Energieverbrauch

Als Folge der Klimaänderung wird künftig im Winter weniger Heizenergie und im Sommer mehr Kühlenergie verbraucht [2], [16]:

- Abnahme der Heizgradtage<sup>125</sup>: bis 2030<sup>126</sup> um 11%, bis 2050<sup>127</sup> um 15% (gegenüber dem Durchschnittswert 1984-2004).
- Zunahme der Kühlgradtage<sup>128</sup>: bis 2035 um 100%, bis 2050 um 150%.

Nachfrage nach Wärmeenergie  
nimmt ab

Im Dienstleistungssektor wird die Nachfrage nach Wärmeenergie in Zukunft auch ohne Klimaerwärmung wegen besserer Wärmedämmung und höherer Energieeffizienz und trotz Wirtschaftswachstum leicht abnehmen. Nach 2035 dürften sich die Zunahme der Energieeffizienz und der beheizten Fläche kompensieren. Die Stromnachfrage nach Klimatisierung wird im Dienstleistungssektor in Zukunft durch die Zunahme der Kühlgradtage ausgeprägt sein.

Bei den privaten Haushalten wird die Nachfrage nach Wärmeenergie auch ohne Klimaerwärmung wegen verbesserter Energieeffizienz und Wärme-

<sup>125</sup> Differenz zwischen der erwünschten mittleren Raumtemperatur (20 °C) und der mittleren Aussentemperatur, summiert über alle Kalendertage mit  $T < 12$  °C

<sup>126</sup> Temperaturzunahme von 2°C

<sup>127</sup> Temperaturzunahme von 2.5°C

<sup>128</sup> Differenz zwischen der mittleren Tagesaussentemperatur und der Referenztemperatur (18.3 °C), summiert über alle Kalendertage mit  $T > 18.3$  °C

dämmung bis 2050 abnehmen. Als Folge der Klimaerwärmung wird jedoch auch im Sommer mit einer Zunahme des Stromverbrauchs für Klimatisierung gerechnet.

### 3.7.3 Elektrizitätsproduktion

Die etablierte Elektrizitätsproduktion ist ebenfalls Verursacher und Betroffener der Klimaänderung. Die Stromproduktion ist heute in der Schweiz dank Wasserkraft und Kernenergie praktisch CO<sub>2</sub>-frei. Die Kernkraftwerke decken rund 40% des Schweizer Strombedarfs. Um 2020 erreichen die ersten Anlagen das Ende ihrer Betriebsdauer. Ab dann werden die Produktionskapazitäten der Schweiz rückläufig sein und gleichzeitig laufen Stromimportverträge aus. Ab 2020 bis 2030 wird der inländische Strombedarf nicht mehr durch die hiesige Stromproduktion sowie die bestehenden Importverträge gedeckt sein. Ab 2012 wird im Winterhalbjahr der Stromimport den Stromexport übersteigen. Bis 2050 wird eine gegenüber 2003 33% höher liegende Stromnachfrage postuliert [35].

Massive Zunahme der  
Stromnachfrage

Der Bericht CH2050 geht davon aus, dass der Klimawandel die Elektrizitätsproduktion wie folgt beeinflusst:

- Wegen der geringeren Abflussmengen bis 2050 dürfte die Wasserkraftproduktion um 7% abnehmen. Bei Hochwassern kann ein Teil des Wassers nicht für die Stromproduktion genutzt werden. Der tatsächlich erwartete Verlust der Wasserkraftproduktion ist deshalb höher.
  - **Speicherkraftwerke:** Die Klimaänderung führt im Alpenraum zu einem jahreszeitlichen Ausgleich der Abflussregime. Dadurch wird das Management des Kraftwerk-Betriebs flexibler. Insgesamt muss jedoch mit einer Einbusse bei der hydroelektrischen Energieproduktion bei Speicherkraftwerken gerechnet werden.<sup>129</sup>
  - **Flusskraftwerke:** Das zu erwartende Niedrigwasser wird im Spätsommer und Herbst die Stromproduktion der Flusskraftwerke im Mittelland einschränken. Im Winter hingegen ist aufgrund der höheren Abflüsse mit einer höheren Stromproduktion zu rechnen. Insgesamt resultiert jedoch auch bei diesem Kraftwerkstyp eine leichte Abnahme in der Stromproduktion.<sup>130</sup>
- Wegen der höheren Wassertemperaturen können wassergekühlte thermische Kraftwerke weniger Kühlleistung aus den Flüssen beziehen.<sup>131</sup> Produktionseinschränkungen sind die Folge.

7% Abnahme der  
Wasserkraftproduktion

<sup>129</sup> Hitzesommer 2003: Produktionsgewinn von 4.3% bei den Speicherkraftwerken (CH). Im September 2003 lag der Füllungsgrad der Speicherseen 10% unter dem langjährigen Mittel.

<sup>130</sup> Hitzesommer 2003: Produktionseinbusse von 4.7% bei den Laufkraftwerken (CH)

<sup>131</sup> Im Sommer 2003 musste die Leistung der Kernenergie während zwei Monaten um 25% gedrosselt werden (4% geringere Jahresproduktion).

Dekarbonisierung der  
Energieversorgung und CO<sub>2</sub>-  
neutraler Ausbau

- Der Druck auf eine Dekarbonisierung der Energieversorgung oder ein CO<sub>2</sub>-neutraler Ausbau wird mit der Klimaänderung zunehmen. Wasserkraft, Kernenergie und die neuen erneuerbaren Energien sind praktisch CO<sub>2</sub>-neutral.
- Der Einfluss der Klimaänderung auf die erneuerbaren Energien wird zwischen neutral und positiv eingestuft. Das Wachstum der Biomasse etwa wird tendenziell begünstigt, die solare Einstrahlung nimmt leicht zu. Extremereignisse wirken sich potenziell aber negativ aus.

## 3.8 Bauten und Infrastrukturen

Das Thema Bauten und Infrastrukturen behandelt die Bereiche Hochbau, Tiefbau sowie Städtische Siedlungen.

### 3.8.1 Einleitung

Langfristige Strategien zahlen  
sich aus

Aufgrund der langen Lebensdauer von Bauten und Infrastrukturen erscheint es sinnvoll, architektonische, raumplanerische, bauliche und gebäudetechnische Konzepte früh an den sich abzeichnenden Klimawandel anzupassen. Eine solche Strategie bietet aus verschiedenen Gründen Vorteile:

- Zusatzkosten für spätere Massnahmen können so vermieden werden.
- Eine angepasste Bauweise verhindert mögliche wetter- und klimabedingte Schäden.
- Auf diese Weise erhöhen sich auch die Sicherheit und der Komfort im Wohn- und Arbeitsbereich sowie die Betriebsicherheit im Transportbereich.

### 3.8.2 Hochbau

Klimawandel und  
Wertekonzentration

Mit der Erwärmung aber auch aufgrund gestiegener Komfortansprüche steigt der Bedarf nach Raumkühlung. Eine Zunahme der Intensität und Häufigkeit von Hochwassern, Starkniederschlägen, Stürmen und Hagelereignissen gefährden nicht nur empfindliche Elemente der Gebäudehülle, sondern auch ganze Gebäude und Infrastrukturen. Es ist zu beachten, dass Hochwasser heute grosse finanzielle Schäden an den Infrastrukturen zur Folge haben. Dies ist allerdings nicht auf die Klimaänderung selbst, sondern primär auf die hohe Wertekonzentration zurückzuführen. Dazu beigetragen hat darüber hinaus die Bautätigkeit in risikoreichen Gebieten.

### 3.8.3 Tiefbau

#### Verkehrswege

Der mögliche Anstieg von Extremereignissen hat vor allem Auswirkungen auf die Infrastruktur des Schienen- und Strassennetzes. Intensivniederschläge gefährden die Stabilität von Trassen und Böschungen und Hängen (Gefahr von Massenbewegungen). Bei einer Zunahme der Winterstürme ist vermehrt mit umstürzenden Bäumen zu rechnen. Hitzperioden begünstigen Gleisverwerfungen (laterales Verschieben).<sup>132</sup> In höheren Lagen können die grösseren Niederschlagsmengen zu einer Zunahme der Lawinengefahr führen.

Auswirkungen auf Schienen- und Strasseninfrastruktur

Bei Brücken, Tunnels und Durchlässen sind keine baulichen Probleme im Zusammenhang mit der Klimaerwärmung zu erwarten. Bei Brücken kann es allenfalls zu Durchflussproblemen bei grösseren Hochwassermengen kommen. Beim Strassennetz sind zwar ähnliche Probleme zu erwarten, die Folgen dürften jedoch weniger gravierend sein, da das Strassennetz vom Bau her weniger sensibel ist.<sup>133</sup> In tieferen Lagen wirken sich schneeärmere Winter positiv auf das Unfallrisiko und den Strassenunterhalt aus.

### 3.8.4 Städtische Siedlungen

Die Städte sind aufgrund des hohen Anteils versiegelter Flächen, des geringen Grünflächenanteils, der Abwärme durch Gebäude, Industrie und Verkehr sowie der schlechten Durchlüftung einer höheren Wärmebelastung ausgesetzt (städtische Wärmeinseln). Die Klimaerwärmung verstärkt diesen Effekt.

Wärmeinseln

## 3.9 Versicherungen

#### Einleitung

In der Schweiz aber auch weltweit haben die Schadenskosten und ihre Variabilität in den letzten 20 Jahren zugenommen (siehe auch Kapitel 2.3.1 und 3.8). Der Anteil der Klimaänderung an dieser Zunahme ist weitgehend unbekannt.

Zunahme der Schadenskosten

Verantwortlich für diesen Anstieg sind im Wesentlichen die folgenden Gründe:

<sup>132</sup> Im Hitzesommer 2003 traten 50% mehr Gleisverwerfungen auf.

<sup>133</sup> Höhere Gewichtslimiten bei Lastwagen oder eine generelle Zunahme an Lastwagen hätten schwerwiegendere Folgen als die erwartete Klimaänderung.

- Zunahme der versicherten Werte (insbesondere in risikoreichen Gebieten)
- Erhöhte Verletzlichkeit der Bauten (wegen Bauart und empfindlichen Materialien)
- Zunahme der Versicherungsdurchdringung
- Verändertes Anspruchsverhalten der Versicherten

## Folgen

Anteil des Klimawandels  
unbekannt

Aus den oben genannten Gründen ist auch der Anteil der Klimaänderung und der gesellschaftlichen Veränderung an der Schadenentwicklung heute noch nicht genügend in die Risikoeinschätzungen und das Risikomanagement einbezogen. Nachholbedarf besteht zudem bei der Berücksichtigung zukünftiger Sachschäden durch Extremereignisse wie insbesondere Winterstürme, Überschwemmungen und Hagel. Der Bericht CH2050 wertet das Schadenpotenzial dieser Extremereignisse für Europa und die Schweiz wie folgt:

- **Europa:** Wintersturm > Überschwemmung > Hagel<sup>134</sup>
- **Schweiz:** Überschwemmung > Wintersturm > Hagel

Verknüpfung von Klima- und  
Versicherungsmodellen

Um die Folgen der Klimaänderung auf Extremereignisse und den Auswirkungen auf die versicherten Schäden zu quantifizieren, werden Klimamodelle mit Versicherungsmodellen gekoppelt [44]. Bezüglich dieser Extremereignisse geht man heute von folgenden Annahmen aus:

Hohes Schadenpotenzial für  
Europa und die Schweiz

- **Winterstürme:** Für Europa stellen sie das höchste, für die Schweiz das zweithöchste Schadenpotenzial dar. Bis Ende des 21. Jahrhunderts<sup>135</sup> könnten die Schäden in Gesamteuropa um 20%-70%<sup>136</sup> (Schweiz: ca. 20%) zunehmen.<sup>137</sup> Es gilt zu beachten, dass die seltenen Extremereignisse diese Zunahme besonders stark beeinflussen: Bei den 100-jährlichen Schadenereignissen beträgt die Zunahme europaweit ca. 100%, bei den 10-jährlichen Ereignissen ca. 20%.

Abnahme der  
Wiederkehrperioden

- **Überschwemmungen:** Berechnung mittels regionaler Klimamodelle zeigen, dass sich bis 2071-2100 die Wiederkehrperioden der 5-Tages-Niederschlagsmengen im Winter in Mitteleuropa halbieren könnten: Ein 100-jährliches Ereignis würde zu einem 50- bis 100-jährlichen Ereignis, ein 20-jährliches zu einem 10- bis 20-jährlichen Ereignis. Diese Veränderung hätte bedeutende Folgen für das Hochwasserrisiko und die verursachten Schäden.<sup>138</sup>

<sup>134</sup> Lesebeispiel: Schadenpotenzial von [Extremereignis 1] ist grösser als (>) das Schadenpotenzial von [Extremereignis 2]

<sup>135</sup> 2071-2100

<sup>136</sup> gegenüber der Referenzperiode 1961-1990

<sup>137</sup> Für das Jahr 2050 existieren keine entsprechenden Modellrechnungen. Es ist aber anzunehmen, dass bereits dann eine Zunahme der Sturmschäden beobachtbar sein wird.

<sup>138</sup> Würde sich etwa die Wahrscheinlichkeit eines August-Hochwassers 2005 in der Schweiz verdoppeln, müssten die Risikoeinschätzung und das -management angepasst werden.

- **Hagel:** Im Kanton Zürich respektive in der IBK-Region besteht in grossen Gebieten ein erhöhtes Hagelrisiko. In den übrigen Gebieten der beiden Regionen ist das Hagelrisiko leicht erhöht.<sup>139</sup> Weil allerdings Hagelereignisse sehr lokale Ereignisse sind, ist die Prognose der künftigen Entwicklung schwierig.

Erhöhtes Hagelrisiko

Um die Auswirkungen der Klimaänderung auf die Versicherungsbranche künftig besser zu kennen, müssen die Anteile der Klimaänderung und der Gesellschaft an der Schadenentwicklung besser quantifiziert und dann in die Risikoeinschätzungen und das -management miteinbezogen werden.

## 3.10 Volkswirtschaft

### 3.10.1 Einleitung

Das Bundesamt für Umwelt (BAFU) hat zu den Auswirkungen der Klimaänderung auf die Schweizer Volkswirtschaft drei Studien in Auftrag gegeben:<sup>140</sup>

- **Nationale Einflüsse:** Mögliche Kosten klimabedingter Schäden, die innerhalb der Schweiz entstehen könnten [3].
- **Internationale Einflüsse:** Mögliche Kosten klimabedingter, weltweiter Schäden, die sich auf die Schweiz auswirken könnten [4].
- **Gerechtigkeit zwischen den Generationen:** Volkswirtschaftliche Auswirkungen des Klimawandels aus der Perspektive der Gerechtigkeit gegenüber nachfolgenden Generationen [31].

### 3.10.2 Nationale Einflüsse

Der schleichende Klimawandel wird vor allem in den Bereichen 'Tourismus' (Kapitel 3.6 und 4.7) sowie 'Energie' (Kapitel 3.7 und 4.8) zu Schäden führen. Die Bereiche 'Bauten und Infrastruktur' (Kapitel 3.8 und 4.9) und 'Gesundheit' (Kapitel 3.5 und 4.6) hingegen werden eher von den vermehrt auftretenden Extremereignissen (insbesondere Hochwasser, Rutschungen und Hitzeperioden) betroffen sein. Der erwartete Schaden ist im Energiebereich und im Wintertourismus am grössten.

Schleichende Vorgänge und Extremereignisse

In der Studie nicht berücksichtigt wurden katastrophale, aber sehr unsichere Ereignisse, wie beispielsweise globale klimatische Kippeffekte, ein verändertes Landschaftsbild (v. a. im Hochgebirge) sowie Auswirkungen auf die

Klimatische Kippeffekte

<sup>139</sup> [[www.hagel.ch](http://www.hagel.ch)]

<sup>140</sup> [[www.bafu.admin.ch/klima/00509/00511/index.html?lang=de](http://www.bafu.admin.ch/klima/00509/00511/index.html?lang=de)]

Ökosysteme (bspw. Einwanderung neuer Arten, Verlust einheimischer Arten).

Klimabedingte  
Wohlfahrtsverluste

Die Studie geht von einer globalen Temperaturerhöhung von 3 °C<sup>141</sup> bis ins Jahr 2100 aus, was für die Schweiz einer Erhöhung von gut 4 °C entspricht. Für das Jahr 2050 werden die klimatischen Wohlfahrtsverluste als Folge der Klimaänderung auf 1 Mia. Franken geschätzt. Danach rechnen die Autoren mit einem deutlichen Anstieg klimabedingter Wohlfahrtsverluste.

2 °C als kritische Grenze

Gelingt es allerdings, den globalen Temperaturanstieg bis 2100 auf 2 °C<sup>142</sup> zu beschränken, so werden die Schadenskosten für 2050 nur halb so hoch geschätzt. Ab der kritischen globalen Erwärmung von 2 °C spart die Schweiz bis 2100 mit jedem Grad verhinderter Erwärmung jährlich Schäden in der Grössenordnung von 0.6 bis 1 Mia. Franken. Ohne eine dezidierte globale Klimaschutzpolitik ist dieses Ziel allerdings nicht zu erreichen.

### 3.10.3 Internationale Einflüsse

Internationale Verflechtungen

Die Auswirkungen des globalen Klimawandels auf alle Weltregionen werden aufgrund der starken internationalen Verflechtungen auch Einfluss auf die Schweizer Volkswirtschaft haben.

Veränderung der Warenströme  
als Folge des Klimawandels

Modellrechnungen zeigen, dass bei einer Veränderung der Warenströme als Folge des Klimawandels bis zum Jahr 2050 jährlich ungefähr 1.4 bis 3.1 Prozent der Schweizer Exporte gefährdet sein könnten. Das heisst nicht, dass dieser Teil der Exporte effektiv wegfällt. Vielmehr ist dieser Anteil bei der Suche nach anderen Märkten und Abnehmern, günstigeren Produktionsprozessen oder neuen Produkten speziell gefordert.

Nicht alle Einflüsse lassen sich  
bewerten

Andere internationale Einflüsse können nicht ähnlich gut bewertet werden. Allerdings werden die Auswirkungen über Dienstleistungsexporte, internationalen Kapitalverkehr, Migration oder Ressourcenströme eine wichtige Rolle bei der Betroffenheit der Schweiz durch den Klimawandel spielen.

Die Autoren schätzen die internationalen Einflüsse als insgesamt bedeutender als die direkten Auswirkungen der Klimaänderung in der Schweiz ein.

<sup>141</sup> Szenario A1B (siehe Anhang A1)

<sup>142</sup> Szenario B1 (siehe Anhang A1)



### 3.10.4 Gerechtigkeit zwischen den Generationen

Die bis 2050 zu erwartenden Schäden sind moderat, steigen aber in der zweiten Hälfte des Jahrhunderts stark an und werden vor allem nachfolgende Generationen belasten. Trotz Klimawandel werden sie bei anhaltendem Wirtschaftswachstum einen höheren Lebensstandard geniessen als die heutige Generation.

Höherer Lebensstandard trotz Klimawandel

Unabhängig davon erwähnen die Autoren die folgenden Aspekte für wirkungsvolle Massnahmen gegen den Klimawandel:

- Nach 2050 steigen die Schäden ohne frühzeitige und griffige Massnahmen sehr stark an, insbesondere wenn die globale Temperatur um mehr als 2 °C ansteigen sollte.
- Die Auswirkungen auf die Ökosysteme und die Landschaft sowie allfällige Kippeffekte werden nicht berücksichtigt, weshalb die Studien die wahren Verluste tendenziell unterschätzen.
- Entwicklungsländer, die wenig zum Klimawandel beitragen und kaum über Ressourcen für Anpassungsmassnahmen verfügen, werden überdurchschnittlich stark betroffen sein.
- Die potenziellen Auswirkungen des Klimawandels sind noch immer mit grossen Unsicherheiten verbunden. Gerade deshalb sollen auch pessimistische Szenarien als Versicherung gegen das Eintreffen dieser Auswirkungen besonders ernst genommen werden.

2050 als kritischer Zeithorizont

Wahre Verluste werden unterschätzt

Entwicklungsländer: überdurchschnittlich betroffen

Pessimistische Szenarien als Versicherung

## 3.11 Sicherheitspolitik

### Einleitung

Die Auswirkungen des Klimawandels werden in den kommenden Jahrzehnten stetig zunehmen. Es wird Gesellschaften geben, deren Anpassungsfähigkeit überfordert sein wird. Dazu werden der Kanton Zürich und die IBK-Region zwar nicht gehören. Weil aber der Klimawandel bestehende Umweltkrisen wie Dürren, Wasserknappheit und Bodendegradation verschärft und damit auch Landnutzungskonflikte verstärkt, ist eine zusätzliche Umweltmigration denkbar. Diese hingegen kann sich sehr wohl auf Europa und damit auch auf die beiden Untersuchungsgebiete auswirken.

Klimawandel verstärkt bestehende Umweltkrisen...

### Folgen

Global betrachtet hat der Klimawandel das Potenzial Mechanismen zu verstärken, die zu Unsicherheit und Gewalt führen. Solche Mechanismen sind etwa politische Instabilität und Konflikte, schwache Governance-Strukturen, eine geringe Wirtschaftsleistung, eine Konfliktneigung aber auch demografische Gründe. In Konfliktregionen besteht zudem 'Ansteckungsgefahr': Zunächst lokal begrenzte Konflikte destabilisieren oft Nach-

... und führt zu mehr Unsicherheit und Gewalt

barländer wie etwa durch Flüchtlingsbewegungen. Die gesellschaftlichen Folgen des Klimawandels können damit Grenzen überschreiten und Krisen- und Konfliktregionen ausweiten. Von allfälligen Auswirkungen wie etwa einer Verstärkten Migration wäre auch Mitteleuropa betroffen.

### 3.12 Synthese

Formulierung frühzeitiger Anpassungsstrategien ist heute möglich

Obwohl der Klimawandel und seine Auswirkungen auch heute noch mit grossen Unsicherheiten behaftet sind, erlaubt die wissenschaftlich abgestützte Abschätzung der künftigen Entwicklung dennoch die Formulierung frühzeitiger und vernünftiger Anpassungsstrategien.

Gravierenden Auswirkungen ab 2050

Die Darstellung der Auswirkungen und Folgen der Klimaänderung in den Kapiteln 2 und 3 zeigt, dass die mittleren Veränderungen des Klimasystems bis 2050 wahrscheinlich grösstenteils noch im Rahmen der natürlichen Variabilität liegen werden. Für die Zeitperiode von 2050 bis 2100 hingegen wird auch für Mitteleuropa mit gravierenden Veränderungen gerechnet, die grosse Schäden zur Folge haben können.

#### 3.12.1 Die Veränderungen kommen schleichend

Unspektakuläre Veränderungen mit Auswirkungen

Die prognostizierten Veränderungen sind zunächst unspektakulär: Die mittleren Wintertemperaturen werden bis 2050 um 1.8 °C, die Sommertemperaturen um 2.7 °C ansteigen (Kapitel 2.3.2). Doch diese Veränderungen haben Auswirkungen auf verschiedene Systeme wie der hydrologische Kreislauf, die Tier- und Pflanzenwelt, Gletscher, Permafrost, auf Infrastrukturen sowie auf das menschliche Wohlbefinden. Und sie können sich gegenseitig verstärken (Hitzewellen, Wasserverfügbarkeit), zum Teil sind sie irreversibel und vor allem beschreiben diese Veränderungen keinen stabilen Zustand, sondern stellen eine Momentaufnahme einer Entwicklung dar.

Langfristige Strategien als Herausforderung

Die grosse Herausforderung liegt nun darin, diese Auswirkungen der Klimaänderung, die oft unspektakulär, schleichend und im Hintergrund ablaufen, kontinuierlich wahrzunehmen und darauf mit langfristigen Strategien zu reagieren. In Bezug auf menschliche Zeithorizonte, in Bezug aber auch auf die gewohnte Organisation unserer Gesellschaft, von Arbeits- und Freizeit kann das Klima nicht mehr einfach als Konstante betrachtet werden.

#### 3.12.2 Klimawandel und Extremereignisse

Entscheidend sind die Extremereignisse

Extremereignisse häufen sich in Mitteleuropa. Noch ist zwar offen, ob dies Zufall oder ein statistischer Trend ist. Und sie sind ein schlechter Indikator

für die Klimaänderung. Dennoch gibt es Hinweise, dass die Häufigkeit von Extremereignissen in Zukunft zunehmen könnte (Kapitel 2.3.3). Gerade sie sind besonders wichtig für die Abschätzung künftiger Dimensionierungs- oder Bemessungsereignisse (bspw. im Hochwasserschutz). Damit ist nicht nur das Bauwesen sondern auch die Raumplanung gefordert.

## 4 Mögliche Handlungsfelder und Massnahmenansätze bezüglich Klimawandel

Eine Umfrage bei Fachexperten zeigt, dass praktisch alle in diesem Bericht behandelten Bereiche der Umwelt, Wirtschaft und Gesellschaft von den Auswirkungen – insbesondere den Extremereignissen – des Klimawandels künftig betroffen sein werden und deshalb strategische Massnahmen als sinnvoll erachtet werden. Die Umfrage zeigt auch, dass diese Massnahmen aufgrund des verfügbaren Wissensstandes bezüglich den Auswirkungen des Klimawandels bereits heute in verschiedenen Bereichen eingeleitet werden können, dass aber bezüglich der Stärke und der Geschwindigkeit dieser Auswirkungen auf regionaler Ebene noch genauere Klimaprognosen wünschenswert wären. Naturgemäss wird man aber auch künftig mit grossen Unsicherheiten bezüglich Eintretenswahrscheinlichkeit und Ausmass leben müssen.

Weiter zeigen die Analysen, dass eine Reihe von Massnahmen bezüglich Klimawandel und anderen Bereichen konkrete Zielkonflikte beinhalten. Aus diesem Grund wird auch der interdisziplinären und amtsübergreifenden Zusammenarbeit sowie der Kommunikation neuer Erkenntnisse aus dem Bereich der Klimaforschung eine hohe Bedeutung attestiert.

Allerdings haben die Massnahmen auch ihre Grenzen: Räume, wo sich Menschenleben und Sachwerte nicht mehr mit vernünftigem Aufwand schützen lassen, sollten wieder der Natur oder der Landwirtschaft überlassen werden. Solche Gefahrenzonen sind mit raumplanerischen Mitteln zu sichern.

### 4.1 Einleitung

Die möglichen Massnahmen bezüglich Klimawandel lassen sich wie folgt unterteilen:

- **Unmittelbare Massnahmen:** Diese betreffen beispielsweise die anthropogene Nutzung des Lebensraumes im Sinne einer Anpassung (Adaption) an die Folgen des Klimawandels.
- **Langfristige Massnahmen:** Diese umfassen die direkte Beeinflussung der Klimaänderung im Sinne der Prävention (Klimaschutz). Sie sind nicht Bestandteil dieses Berichtes.

Die potenziellen Auswirkungen des Klimawandels betreffen weite Bereiche der Umwelt, Wirtschaft und Gesellschaft. Die grosse Herausforderung dieses Berichtes besteht darin, diese Thematik möglichst kohärent und umfassend sowie im Sinne einer ersten, vorläufigen Standortbestimmung darzustellen.

Erste Standortbestimmung...

Im Folgenden geht es nun darum, generelle Handlungsfelder und Massnahmenansätze aufzuzeigen und spezifische Wissenslücken zu orten sowie diese synoptisch darzustellen. Länder- oder kantonsspezifische Aussagen sind aber nur mit einem sehr beschränkten Detaillierungsgrad möglich. Eine detaillierte Analyse des kantons- oder länderspezifischen Gesetzeskontextes ist im Rahmen dieses Projektes nicht möglich.

... sowie generelle Handlungsfelder und Massnahmenansätze

## 4.2 Vorgehen

Um das Wissen aus der Praxis möglichst direkt abzuholen, wurden die betroffenen Stellen der öffentlichen Hand des Kantons Zürich<sup>143</sup> und der IBK-Region<sup>144</sup> mittels eines Fragebogens in den Prozess miteinbezogen. Mit Hilfe dieses Fragebogens und mittels der Grundlagen zum Klimawandel in den Kapiteln 1-3 des vorliegenden Berichtes konnten die Experten ihre Sicht der Dinge einbringen und den thematischen Detaillierungsgrad sowie die inhaltlichen Schwerpunkte mitbestimmen. Tabelle 29 in Anhang A3 zeigt die Fachstellen, die sich mittels des Fragebogens in den Prozess eingebracht haben.

Umfrage bei den Fachexperten

Die Antworten der Experten der verschiedenen Fachstellen wurden redaktionell überarbeitet, ergänzt und gegenseitig abgestimmt sowie schliesslich – soweit vorhanden – tabellarisch in den Kapiteln 4.3 bis 4.7 dargestellt. Zu den Bereichen Energie (4.8), Bauten und Infrastrukturen (4.9) sowie Versicherungen (4.10) sind keine Rückmeldungen eingegangen. Entsprechend fehlen in diesen Kapiteln die tabellarischen Zusammenfassungen.<sup>145</sup>

Redaktionelle Überarbeitung und tabellarische Darstellung

Der thematische Detaillierungsgrad in den einzelnen Kapiteln ist aus zwei Gründen sehr unterschiedlich:

Naturgemäss variabler Detaillierungsgrad

1. Nicht alle Bereiche sind gleichermassen vom Klimawandel betroffen (oder die Auswirkungen können aus heutiger Sicht noch zu wenig genau abgeschätzt werden) und damit sind auch die Handlungsfelder naturgemäss sehr unterschiedlich.

<sup>143</sup> Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft AWEL (Kt. ZH), Amt für Landschaft und Natur (Kt. ZH)

<sup>144</sup> In der Regel die Umweltämter der Kantone der IBK-Region; Bayerisches Staatsministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz; Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW); Amt der Vorarlberger Landesregierung (Abteilung Wasserwirtschaft); Amt für Umweltschutz Liechtenstein (sowie weitere Amtsstellen)

<sup>145</sup> Ausnahme: Kapitel 4.9.2 (Deponiestandorte)

2. Der thematische Detaillierungsgrad widerspiegelt auch den Rücklauf der Fragebogen aus den verschiedenen Fachstellen: So sind etwa die IBK-Kantone St. Gallen sowie die beiden Appenzell gar nicht vertreten. Demgegenüber haben sich alleine aus dem AWEL fünf Experten zum Thema Wasserwirtschaft geäußert (Tabelle 29 in Anhang A3). Die übrigen Ämter sind typischerweise nur mit einer Stimme – d. h., einem Fragebogen – vertreten.

Relevanz der Extremereignisse In Anlehnung an die Darstellung der künftig im Kanton Zürich und in der IBK-Region zu erwartenden Extremereignisse<sup>146</sup>, haben die Fachexperten mittels der Fragebogen zusätzlich auch noch die Relevanz dieser Extremereignisse für ihre Bereiche<sup>147</sup> abgeschätzt. Die Resultate dieser Bewertung sind in Tabelle 6 dargestellt.<sup>148</sup>

---

<sup>146</sup> Tabelle 3 und Tabelle 4

<sup>147</sup> Tabelle 5

<sup>148</sup> Die Codierungen entsprechen den Nummerierungen in Tabelle 3 auf Seite 22.

Extremereignis	Bereich													
	Biodiversität	Wald	Landwirtschaft	Abflüsse	Gewässerökologie	Grundwasser	Wasserversorgung	Abwasserentsorgung	Gesundheit	Tourismus	Energie	Hochbau	Tiefbau	Versicherungen
Temperaturrextreme	1-6	1-3	1-2	1, 6	1-3, 6	1-2, 6	1-2, 6	1-4, 6	1-4	1-4, 6	1-4, 6	1-4, 6	1, 6	1-2, (6)
Intensivniederschläge	7-8	7-(8)	8	7-8	7-8	7-8	7-8	7-8		7-(8)		7, (8)	7, (8)	7-8
Hoch- / Niedrigwasser	9-14	9-11	11	9-14	9-14	9-11, 13-14	9-14	12-14	9-10	9-11	9-11, 13-14	9-11	9-11	9-11
Hangrutschungen, Murgänge	15	15	15	15						(15)		15	15	15
Felsstürze	16			(16)						(16)		16	16	16
Trockenheit	17-19	17-18	17-18	17-18	17-18	17-19	17-19	17	17	17	17, 19			17
Stürme	20-(22)	21	21		20-22		21	21			21	20-21, (22)	21, (22)	20-(22)

Tabelle 6: Relevanz künftiger Extremereignisse nach Bereich<sup>149</sup> (Nummerierungen siehe Tabelle 3 auf Seite 22)

Lesebeispiel für Tabelle 6

Als Lesebeispiel für Tabelle 6 sei der folgende Fall angegeben: Bei den Landökosystemen wurden die beiden Bereiche Biodiversität und Wald behandelt. Beide dieser Bereiche sind von Extremereignissen betroffen (siehe Tabelle 3 auf Seite 22). So wirken sich etwa Temperaturextreme beim Wald in Form von Hitzeperioden (Nummer 1), einer höheren Variabilität der mittleren Sommertemperaturen (Nummer 2) oder in einer Abnahme der Häufigkeit von Kälteperioden und Frosttagen aus (Nummer 3). Steht eine Nummer in Klammern, so lässt sich die Relevanz dieses Szenarios (noch) nicht eindeutig abschätzen. Die Szenarien selbst sind in Tabelle 3 dargestellt.

## 4.3 Landökosysteme

### 4.3.1 Biodiversität

Als mögliche Handlungsfelder und Massnahmenansätze lassen sich die folgenden Bereiche identifizieren:

- Erhaltung des Lebensraumes (bspw. durch die Erhaltung einer kleinräumig strukturierten und vielfältigen Landwirtschaft)
- Massnahmen im Bereich Natur- und Landschaftsschutz
- Beschränkung der Ausdehnung der Siedlungsfläche und Verkehrszunahme
- Förderung einer integrativen Landnutzung<sup>150</sup> im Sinne einer räumlich gleichmässig hohen Biodiversität als Sicherung des Lebensraums. Demgegenüber steht allerdings der sich in der Schweiz abzeichnende Übergang von einer integrativen Landnutzung zu einer Segregation<sup>151</sup>. (Dieser Wandel ist politisch und wissenschaftlich jedoch umstritten.)
- Förderung einer standortgerechten Vegetation (mit naturnaher Altersstruktur und Artenzusammensetzung)
- In gewissen Steillagen könnte es längerfristig mit technischen Massnahmen alleine nicht möglich sein, die Lebensraumsicherheit zu gewährleisten. Gerade in solchen Regionen muss der Zusammenhang zwischen widerstandsfähigen Waldökosystemen und der Lebensraumsicherung verstärkt ins politische Bewusstsein rücken.

---

<sup>150</sup> überall von allem etwas

<sup>151</sup> räumliche Trennung von Artenschutz und intensiver landwirtschaftlicher Produktion



## Handlungsfelder und Massnahmenansätze

Extremereignis	Handlungsfelder und Massnahmenansätze
Temperaturextreme	Vergrösserung von Naturschutzgebieten und naturnahen Flächen (dabei u. a. grössere und verschiedenartige Wasserflächen anstreben). Innerhalb dieser Flächen grössere Höhen- und Feuchtigkeitsgradienten schaffen. Naturschutzgebiete und naturnahe Flächen besser vernetzen. Nischen- und Strukturvielfalt der Landschaft erhalten/erhöhen.
Intensivniederschläge	Siehe 'Temperaturextreme', zudem: Wasserrückhaltung und Abflusskapazitäten erhöhen. Gewässerraum vergrössern.
Hoch- / Niedrigwasser	Siehe 'Temperaturextreme', zudem: Auenrevitalisierungen. Im grösseren Gewässerraum Oberboden entfernen, um Abschwemmung in Gewässer zu verhindern (gemäss Bemerkungen zu den 'Intensivniederschlägen').
Hangrutschungen, Murgänge	Siehe 'Temperaturextreme', zudem: Dynamik zulassen (sofern keine Gefahr für Personenschäden).
Felsstürze	siehe 'Hangrutschungen, Murgänge'
Trockenheit	Siehe 'Temperaturextreme' und 'Intensivniederschläge' (Wasserrückhaltung vergrössern).
Stürme	Siehe 'Temperaturextreme', zudem: Dynamik zulassen und Sturmflächen zum Teil und soweit ohne Gefahr für Personenschäden möglichst nicht aufräumen.

Tabelle 7: Biodiversität: Handlungsfelder und Massnahmenansätze nach Extremereignis (siehe auch Tabelle 3)

## Offene Punkte und weiteres Vorgehen

	Bemerkungen
Weiterer <b>Handlungsbedarf</b> ?	Die Schaffung grösserer naturnaher Flächen und deren bessere Vernetzung soll auch Aufgabe der Landwirtschaft sein. Naturschutz-Gesamtkonzept aus Sicht der Anpassung an den Klimawandel hinterfragen
Spezifischer <b>Informationsbedarf</b> und Wissensdefizite?	Wie schnell werden die Auswirkungen des Klimawandels eintreten? Welches sind die Auswirkungen auf das Grundwasser und auf den Wasserhaushalt der Feuchtgebiete?
Mögliche <b>Zielkonflikte</b> zwischen Massnahmen bezüglich Klimawandel und anderen Bereichen?	Konflikte um Land, Wasser und Finanzen und bei der Sanierung – oder eben Nichtsanierung – der Folgen von Murgängen, Felsstürzen und Sturmschäden <sup>152</sup> (Amt für Landschaft und Natur, Kt. ZH).

Tabelle 8: Biodiversität: Offene Punkte und weiteres Vorgehen

<sup>152</sup> Allgemein profitiert die Biodiversität beispielsweise von einem Windwurfereignis.

### 4.3.2 Wald

#### Einleitung

Natürliche Baumartenvielfalt  
gegen Klimawandel

Generell gilt der Erhalt der natürlichen Baumartenvielfalt als optimale Versicherung gegen den Klimawandel und gegen die Auswirkungen von Extremereignissen. Grossflächige Rodungen sind zu vermeiden und alte Waldbestände sollen in stufige Bestände (bspw. Plenterwald<sup>153</sup>) überführt werden. Auf diese Weise kann die Stabilität des Ökosystems Wald erhalten sowie die Netto-Abgabe von CO<sub>2</sub> an die Atmosphäre vermieden werden.

#### Handlungsfelder und Massnahmenansätze

Tabelle 9: Wald: Handlungsfelder und Massnahmenansätze nach Extremereignis (siehe auch Tabelle 3)

Extremereignis	Handlungsfelder und Massnahmenansätze
Temperaturrextreme	Im Sinne einer Risikoverteilung möglichst flächendeckender Aufbau von Mischwäldern, denn vermehrte Hitze- und Trockenperioden bringen bspw. die Buche in Bedrängnis; verbunden mit warmen Wintern auch die Fichte wegen zunehmender Borkenkäferschäden.  Vermeidung von Kahlflächen
Intensivniederschläge	Aufbau und Unterhalt von stabilen Beständen entlang von Bachgerinnen. Auf diese Weise soll das Abschwemmen von Holz aller Art vermieden und die Ufer stabilisiert werden.  Für die notwendigen Unterhaltsmassnahmen entlang der Bachgerinne sind Entschädigungen an die betroffenen Waldeigentümerschaften vorzusehen.
Hoch- / Niedrigwasser	siehe Intensivniederschläge  Gute Durchwurzelung instabiler Böschungen und Hänge sicherstellen (dauernde Bestockung).
Hangrutschungen, Murgänge	Gute Bewurzelung und dauernde Bestockung der gefährdeten Hänge sicherstellen. <sup>154</sup>  Gerät ein Hang dennoch in Bewegung, wäre er allerdings zu entlasten (indem etwa dicke Bäume entfernt werden), ...  ... wobei dann die Bäume wieder weniger Wasser aus dem Hang wegtransportieren (durch Evapotranspiration), was wiederum die Instabilität fördert.  Daher: Die Massnahmen sind fallspezifisch festzulegen und gegebenenfalls anzupassen.

<sup>153</sup> Sich stetig verjüngender Dauerwald, in dem Bäume aller Dimensionen kleinstflächig bis einzestammweise vermischt sind. Im Plenterbetrieb werden einzelne Bäume gefällt und so ein permanenter Hochwald geschaffen.

<sup>154</sup> Im Gegensatz zu den meisten technischen Verbauungen schützen Wälder in steilem Gelände zugleich vor weiteren Naturgefahren wie Steinschlag oder oberflächennahen Rutschungen.

Extremer- eignis	Handlungsfelder und Massnahmenansätze
Trockenheit	Weiterer Aufbau von Mischwäldern. Wirtschaftliches Risiko nicht zu stark auf Buche und Fichte konzentrieren, da die Buche bei trockenerem Klima infolge Wasserstress rasch an die Existenzgrenzen stösst, die Fichte in Verbindung mit warmen Wintern stärker von Borkenkäfern befallen wird (Trockenheit und Wärme begünstigen Insekten generell).
Stürme	Generell stabile Bestände aufbauen bzw. unterhalten. Kronendach möglichst nicht aufreissen (Dauerwaldbestockungen anstreben).

### Offene Punkte und weiteres Vorgehen

	Bemerkungen
Weiterer <b>Handlungsbedarf</b> ?	Die rechtlichen Rahmenbedingungen müssen nicht geändert werden. <sup>155</sup> In der Aus- und Weiterbildung soll vermehrt auf die Auswirkungen des Klimawandels und entsprechende Gegenmassnahmen (bspw. Mischbestände, Dauerwaldbestockungen, stabile Bachuferbestockungen, geeignete Bewirtschaftung von Rutschhängen) hingewiesen werden. Falls die Pflege von Bachuferbestockungen intensiviert werden soll, sind Waldeigentümer dafür zu entschädigen, da sie eine gemeinwirtschaftliche Leistung erbringen.
Spezifischer <b>Informati- onsbedarf</b> und Wissens- defizite?	Welches sind die biologischen Auswirkungen des zu erwartenden Klimawandels? Werden einzelne Baumarten verschwinden? Wie rasch wird dies geschehen? Mit welchen Schadinsekten und Krankheiten ist in Zukunft vermehrt zu rechnen? Mit welchen weiteren Gefahren? Wie werden sich die Neophyten weiter entwickeln?
Mögliche <b>Zielkonflikte</b> zwischen Massnahmen bezüglich Klimawandel und anderen Bereichen?	Der Wald wird als wichtige Ressource in Zukunft stärker genutzt werden. So kann beispielsweise zwischen einem konsequenten Aufbau von Mischbeständen auf der einen und der Wirtschaftlichkeit auf der anderen Seite mittelfristig ein Zielkonflikt entstehen. Die Pflege von Bachuferbestockungen ist oft kostenintensiv.

Tabelle 10: Wald: Offene Punkte und weiteres Vorgehen

	Bemerkungen
<b>Kommentare, Vorschläge, Anregungen?</b>	Mischwälder (siehe Temperaturextreme bei den Handlungsfeldern und Massnahmenansätzen) entstehen aufgrund des Klimawandels auch von selbst (indem sich etwa die Fichte in höhere Lagen zurückzieht).  Der Austausch mit anderen betroffenen Fachstellen wird angeregt.

## 4.4 Landwirtschaft

### Handlungsfelder und Massnahmenansätze

Tabelle 11: Landwirtschaft:  
Handlungsfelder und  
Massnahmenansätze nach  
Extremereignis (siehe auch  
Tabelle 3)

Extremereignis	Handlungsfelder und Massnahmenansätze
Temperaturextreme	Veränderter Wasser- und Nährstoffbedarf der Kulturpflanzen
Intensivniederschläge	Erosion mit angepassten Anbaumethoden und Kulturen verhindern Verdichtungen des Bodens verhindern Versiegelung des Bodens einschränken
Hoch- / Niedrigwasser	Stauräume für periodische Überschwemmungen in der Landwirtschaftszone schaffen Fliessgewässer in Landwirtschaftszone aufweiten
Hangrutschungen, Murgänge	Landwirtschaft in Steillagen hinterfragen und allenfalls standortgerechte Vegetation fördern (Bewirtschaftung in Steillagen wird durch die ändernde Landwirtschaftspolitik ohnehin reduziert) Alpwirtschaft in Gunstlagen (bspw. Tallagen) verlegen Berglandwirtschaft extensivieren, Grossvieheinheit pro Hektar reduzieren
Trockenheit	Vermehrte Bewässerung in der Landwirtschaft Entwicklung (od. Übernahme aus dem Ausland) Wasser sparender und effizienter Produktionstechniken und Fruchtfolgen. Extensivierung der Landwirtschaft fördern
Stürme	keine windanfälligen Kulturen anbauen Boden vor Winderosion schützen

## Offene Punkte und weiteres Vorgehen

	Bemerkungen
Weiterer <b>Handlungsbedarf</b> ?	<p>Regelung der Wasserentnahme für Bewässerungszwecke in der Landwirtschaft aus Fliessgewässern und Grundwasser unter Beachtung der Restwasserbestimmungen</p> <p>Kantonale Unterstützung von Bewässerungsanlagen<sup>156</sup></p> <p>Prognose- und Bekämpfungsverfahren gegen neue Schadorganismen</p> <p>Entwicklung/Einfuhr stressresistenter Pflanzen</p> <p>Anpassen der rechtlichen Rahmenbedingungen: bspw. in der Tierhaltung, Gewässerschutz (Austragung von Jauche im Winter, Stallhaltung von Tieren, etc.)</p> <p>Keine zweckentfremdete Nutzung der Landwirtschaftszone</p>
Spezifischer <b>Informationsbedarf</b> und Wissensdefizite?	<p>Auswirkung des Wassermangels auf die Natur?</p> <p>Auswirkungen von Starkniederschlägen auf die landwirtschaftlichen Kulturen?</p> <p>Auswirkungen der Trockenheit auf landwirtschaftliche Nützlinge/Schädlinge?</p> <p>Auswirkungen der Hitze auf die (Stall)-Halteung von Nutztieren?</p>
Mögliche <b>Zielkonflikte</b> zwischen Massnahmen bezüglich Klimawandel und anderen Bereichen?	<p>Integrale Bewirtschaftung der Wasserressourcen</p> <p>Nutzung der Landwirtschaftszone (Begehrlichkeiten weiterer Nutzer)</p> <p>Noch unsicher ist, inwiefern die Bewässerung bei sommerlichen Trockenperioden sinnvoll, machbar und bezüglich lokaler Wasserverfügbarkeit in Trockenperioden überhaupt möglich ist. Des weitern ist die Bewässerung in der Gesamtperspektive der Nachhaltigkeit zu bewerten, auch in Hinblick auf ökologische Wirkungen, Energieverbrauch, und Wirtschaftlichkeit. Diesbezüglich sind regional grosse Unterschiede zu erwarten.</p>

Tabelle 12: Landwirtschaft:  
Offene Punkte und weiteres  
Vorgehen

<sup>156</sup> Amt für Landschaft und Natur (Kt. ZH)

	Bemerkungen
Kommentare, Vorschläge, Anregungen	<p>Tierhaltung: Entwicklung angepasster Stallsysteme, Kühlsysteme, Sicherstellung der Versorgung der Nutztiere</p> <p>Berglandwirtschaft (siehe Hangrutschungen, Murgänge bei den Handlungsfeldern und Massnahmenansätzen) ist heute schon ziemlich extensiv. Eine Reduktion der Tierzahlen hat sich in der Vergangenheit als praktisch unmöglich herausgestellt.</p> <p>Die Landwirtschaft wird sich aufgrund des fallenden Grenzschatzes in einzelnen Gebieten extensivieren, in anderen intensivieren.</p> <p>Versicherungsdeckung für Extremereignisse für Schäden beim Acker- und Einbussen im Futterbau?</p> <p>Konkretere Massnahmenansätze und Handlungsfelder bedingen genauere Prognosen der zu erwartenden Auswirkungen des Klimawandels.</p>

## 4.5 Wasserwirtschaft

### 4.5.1 Allgemeines

Wasser als beschränkte  
Ressource...

Neben Veränderungen des Abflussregimes und diverser Auswirkungen auf den Lebensraum der Gewässer wird insbesondere die Konkurrenzsituation bezüglich der Wasserressourcen eindeutig zunehmen. Es ist davon auszugehen, dass ohne eine gezielte integrale Bewirtschaftung der regionalen Wassermengen im Sommerhalbjahr nicht mehr jederzeit und überall alle Ansprüche in gleicher Masse erfüllt werden können. Es besteht die Gefahr eines Zielkonfliktes der Anliegen der verschiedenen Nutzer (Seenutzer, Anwohner, Gewässerschutz, Entnahme von Trink- und Bewässerungswasser, Energiewirtschaft, Freizeit, Erholung, ...).

... und integrales  
Wassermanagement

Es zeichnet sich ab, dass ohne ein integrales Wassermanagement respektive ohne eine Bewirtschaftung der Wassermenge nicht mehr alle Ansprüche gleichermaßen erfüllt werden können [35].

- **Integrales Wassermanagement:** Als Massnahme, um die Bedürfnisse der verschiedenen Nutzer abzustimmen (Landwirtschaft, Wasserversorgung, Stromproduktion, Schifffahrt). Dies beinhaltet unter Umständen auch die Festsetzung von Nutzungsprioritäten, -rechten sowie -preisen.
- **Regulierung:** Bei regulierten Seen müssen die bestehenden Regeln laufend den künftigen Erfordernissen angepasst werden. Bei Seen, die heute noch nicht reguliert werden (bspw. Bodensee), wird der Ruf nach Regulierung zunehmen.

- **Intraregionale Bewirtschaftung**<sup>157</sup>: Als Massnahme für den Ausgleich zwischen dem natürlichen Angebot und dem regionalen Bedarf.
- **Integrale Bewirtschaftung auf Stufe Einzugsgebiet**: Bestehende, kleinräumig organisierte Zuständigkeiten sind im Sinne einer Effizienzsteigerung kritisch zu hinterfragen.
- **Wasserversorgung**: Das Schweizer Mittelland befindet sich auch in Zukunft in einer privilegierten Situation (Kapitel 2.3.2). Um jedoch Engpässen bei der Versorgung vorzubeugen, soll die Infrastruktur rechtzeitig und massvoll ausgebaut werden. Bedarfsprognosen und Bauzeiten sind deshalb bei der Planung zu berücksichtigen.

## 4.5.2 Abflüsse

### Einleitung

Hochwasserschäden ergeben sich einerseits, weil Hochwasser natürlicherweise zunehmen. Andererseits sind sie auch eine Folge der anthropogenen Nutzung der Einzugsgebiete. Aufgrund des Klimawandels und des weiter anhaltenden Siedlungsdruckes sowie der Zunahme von Sachwerten entlang von Gewässern werden die Hochwasserschäden auch künftig zunehmen.

Zunahme der Hochwasserschäden...

Unabhängig von den Auswirkungen der Klimaänderung wird das ansteigende Schadenpotenzial jedoch generell einen höheren Schutz vor Hochwasser unter Berücksichtigung eines integralen Risikomanagements erfordern [25], [35].

... und höherer Schutz

### Handlungsfelder und Massnahmenansätze

- **Raumplanerische Massnahmen**: Neue Überbauungen in gefährdeten Gebieten sind zu vermeiden, in stark gefährdeten Gebieten kann nicht mehr um jeden Preis an bestehenden Nutzungen festgehalten werden. Räume, wo sich Menschenleben und Sachwerte nicht mehr mit vernünftigem Aufwand schützen lassen, sollten wieder der Natur oder der Landwirtschaft überlassen werden. Solche Gefahrenzonen sind mit raumplanerischen Mitteln zu sichern. Diese Strategie wird auch von den Versicherern getragen (siehe Kapitel 4.10).
- **Objektschutz**: Für bestehende Bauten und in wenig gefährdeten Gebieten können Objektschutzmassnahmen sinnvoll sein. So kann die Schadenempfindlichkeit herabgesetzt und die baulichen Schutzmassnahmen am Gewässer vermindert werden. Der Kommunikation von Basiswissen und Restrisiken gegenüber der Öffentlichkeit kommt deshalb künftig eine entscheidende Bedeutung zu. Gebäudeversicherungen sollen die Eigenverantwortung durch Aufklärung und Prämiengestaltung fördern.

Sicherung von Gefahrenzonen

Basiswissen und Restrisiken kommunizieren

<sup>157</sup> Regulierschemata, Verbundnetze, Speicher- und Seenbewirtschaftung

Wissenslücken bei der Dimensionierung...

- **Wasserbauliche Massnahmen:** Wenn raumplanerische Massnahmen und Objektschutz nicht ausreichen sind wasserbauliche Massnahmen zu prüfen. Die Bemessung soll nach wirtschaftlichen Gesichtspunkten mittels einer Differenzierung der Schutzziele erfolgen. Die Auswirkungen der Klimaänderung sind durch geeignete Szenarien zu berücksichtigen [25]. Der Berücksichtigung des Überlastfalls muss bei der Planung und Realisierung baulicher Massnahmen vor dem Kontext der Klimaänderung vermehrt Beachtung geschenkt werden. Konstruktive Hochwasserschutzmassnahmen sollen im Extremfall überlastbar sein.<sup>158</sup> Die saisonal erhöhten Hochwasserabflüsse und Sedimentfrachten bedingen entsprechende Gerinnequerschnitte und Ablagerungsräume. Daraus lässt sich ableiten, dass die Gewässer künftig bei Extremereignissen mehr Raum beanspruchen [25]. Gemäss der Kommission Hochwasserschutz im Schweizerischen Wasserwirtschaftsverband (KOHS) fehlen in der Schweiz heute verlässliche Grundlagen, um die Folgen der Klimaänderung bei der Berechnung der Dimensionierungsgrössen baulicher Hochwasserschutzmassnahmen quantitativ zu berücksichtigen [25]. Trotzdem werden bereits heute entsprechende Reserven eingerechnet.

... und erste Erfahrungen mit Klimaänderungsfaktoren

In Baden-Württemberg und Bayern hingegen wurde aus Vorsorgeaspekten bereits festgelegt, bei der Bemessung neuer wasserwirtschaftlicher Hochwasseranlagen die Auswirkungen des Klimawandels durch einen Klimaänderungsfaktor zu berücksichtigen. Für den Neckar etwa wird ein 15% höheres  $HQ_{100}$  prognostiziert. Deshalb soll künftig der Wert  $HQ_{100}$  mit dem Klimafaktor 1.15 multipliziert werden. Die Anlagen werden als für einen 15% höheren Abfluss dimensioniert oder geplant. Für den Bereich der Oberen Donau soll künftig ein Klimaänderungsfaktor von 1.25 berücksichtigt werden. Aber auch die kleinen und mittleren Hochwasser werden zunehmen: So wird für die Obere Donau ein Anstieg des  $HQ_5$ -Wertes von 67%, für den Hochrhein um 45% und für das Einzugsgebiet Oberschwaben-Bodensee von 24% prognostiziert.

Nachrüstung vorsehen

Was bedeutet das in der Praxis?

- Ein Hochwasserdamm etwa wird gebaut wie geplant, an seiner Aussengrenze wird aber ein Streifen freigehalten, sodass z. B. der Damm bei Bedarf problemlos erhöht werden kann.
- Bei der Planung und beim Bau einer Brücke wird der lokale Klimaänderungsfaktor bereits berücksichtigt, da eine spätere Nachrüstung kaum möglich oder sehr aufwendig wäre.
- Auch beim Bau einer Ufermauer wird die Statik bereits zu Beginn so ausgelegt, dass sie später problemlos erhöht werden kann.

Schaden reduzieren

- **Notfallplanung:** Seltene Grossereignisse führen zu einer Überlastung der für ein bestimmtes Dimensionierungsereignis ausgelegten technisch-präventiven Massnahmen. Diese Restrisiken müssen erkannt werden. Bei einer Überschreitung des Bemessungshochwassers (Überlastfall)<sup>159</sup> gelangen deshalb Notfallszenarien zum Einsatz. Die Notfallpla-

<sup>158</sup> Auf diese Weise wird verhindert, dass bauliche Massnahmen nicht plötzlich versagen und damit die Schäden schlagartig zunehmen.

<sup>159</sup> In der Schweiz wird oft ein Jahrhunderthochwasser ( $HQ_{100}$ ) als Bemessungshochwasser angewandt. Allerdings orientiert sich das Bemessungshochwasser an den Schutzzielen respektive an der Scha-



nung (Alarmierung<sup>160,161</sup>, mobile Sperren, Notentlastungen, ...) soll den Schaden auf ein erträgliches Mass begrenzen. So kann beispielsweise durch eine Notentlastung, das Hochwasser im Überlastfall auf wenig schadenempfindliche Flächen (Landwirtschaftsfläche, Sportplätze, Parkplätze, ...) umgeleitet werden. Solche Massnahmen müssen jedoch baulich und raumplanerisch vorbereitet werden.

- **No-regret-Massnahmen:** Ändern sich die Häufigkeit und Intensität von Hochwassern nicht, sind renaturierte und verbreiterte Flussläufe ein Gewinn für die Flussökologie. Nimmt sie hingegen zu, wird die Überschwemmungsgefahr durch die Berücksichtigung des Überlastfalls minimiert.
- **Erweiterung des Wissens:** Die Planung mittels Szenarien setzt Kenntnisse über die Prozesse und Wirkungsweise von Massnahmen voraus. Dieses Wissen soll erweitert und die Unsicherheiten minimiert werden, indem eingetretene Ereignisse diesbezüglich analysiert werden. Um die Auswirkungen von Extremereignissen sowie der Klimaänderung auf die Hydrologie zu quantifizieren, sind raum-zeitlich hoch aufgelöste meteorologische, Wasserhaushalt- und Abflussvorhersagemodelle notwendig.<sup>162</sup>
- **Dynamische Risikobewertung:** Wo es die finanziellen Mittel nicht erlauben, die heute erforderlichen Massnahmen umzusetzen, sind kostengünstigere Alternativen<sup>163</sup> aus dem integralen Risikomanagement zu prüfen.<sup>164</sup>

Nachhaltiger Hochwasserschutz

Analyse der Vergangenheit als Basis für Vorhersagen

Kostengünstige Alternativen

Die Basis für die dynamische und kontinuierliche Beurteilung der Gefährdung werden auch in Zukunft folgende Instrumente bilden:

---

denempfindlichkeit: Für empfindliche Infrastrukturen orientiert sich der Hochwasserschutz deshalb auch am HQ<sub>300</sub>. Für landwirtschaftliche Flächen hingegen genügt ein HQ<sub>20</sub> als Schutzziel. In Deutschland wird üblicherweise HQ<sub>100</sub> verwendet.

<sup>160</sup> Über die Medien oder beispielsweise mittels SMS-Warnungen, etc.

<sup>161</sup> Im Mai 2007 hat der Bundesrat entschieden, die Warnung und Alarmierung bei Naturgefahren zu optimieren (Optimierung von Warnung und Alarmierung bei Naturgefahren OWARNA). Dabei geht es um personelle Verstärkungen bei Fachstellen, um die Schaffung eines nationalen Melde- und Lagezentrums, die Notstromversorgung für die Alarmierungssysteme, Verbesserungen bei den Vorhersagemodellen, um den Aufbau einer Informationsplattform über Naturgefahren sowie um eine Verbesserung der Information der Bevölkerung. Die Fachämter Bundesamt für Umwelt (BAFU), MeteoSchweiz, Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL) sowie die Nationale Alarmzentrale wurden mit der Realisierung von Verbesserungsmaßnahmen beauftragt. Eine wichtige Grundlage für die künftige Verbesserung der Zusammenarbeit der verschiedenen Akteure ist die 'Gemeinsame Informationsplattform Naturgefahren' (GIN), die von den drei Fachstellen MeteoSchweiz, BAFU und WSL / Eidgenössisches Institut für Schnee- und Lawinenforschung (SLF).

<sup>162</sup> Ein Schritt in diese Richtung ist die experimentelle Internetplattform D-Phase (Demonstration of Probabilistic Hydrological and Atmospheric Simulation of Flood Events in the Alpine Region), die unter der Leitung von MeteoSchweiz entstanden ist ([www.map.meteoswiss.ch/map-doc/dphase/dphase\\_info.htm](http://www.map.meteoswiss.ch/map-doc/dphase/dphase_info.htm)). Dieses Instrument kombiniert eine Vielzahl von Modellvorhersagen für Niederschlag und Abfluss und macht sie für die Hochwasservorhersage nutzbar. Von Juni bis November 2007 können Einsatzbehörden, Warndienste und Vertreter aus der Wirtschaft auf die Plattform zugreifen und deren konkreten Nutzen für ihre Arbeit testen.

<sup>163</sup> bspw. Raumsicherung, Objektschutz oder auch Notfallplanung

<sup>164</sup> Die Kantone möchten mehr finanzielle Mittel für die Hochwasserprävention einsetzen. Sie erwarten aber vom Bund eine angemessene Beteiligung im Sinne einer entsprechenden Erhöhung im Budget 2008 von 147 Mio. CHF auf 347 Mio. CHF (Medienmitteilung der Konferenz der kantonalen Forstdirektoren FoDK und der Konferenz der Bau-, Planungs- und Umweltdirektorenkonferenz BPUK vom 28.8.07, [[www.presseportal.ch](http://www.presseportal.ch)]).

Auswertung, Gefahrenkarten  
und Prognosemodelle

- Dokumentation, Analyse und Auswertung vergangener Hochwasserereignisse.
- Gefahrenkarten, welche die durch Naturgefahren bedrohte Flächen und die Stärke möglicher Gefährdungen angeben. Die von Fachleuten erarbeiteten Karten helfen, gefährdete Gebiete raumplanerisch freizuhalten. Sie bilden eine wichtige Grundlage für die Projektierung von Schutzbauten und für die Notfallplanung in Krisensituationen. Die Gefahrenkarten werden künftig periodisch überarbeitet und den Risiken des Klimawandels angepasst werden müssen.
- Um die hydrologischen Auswirkungen der Klimaänderung besser abschätzen zu können, werden raum-zeitlich hoch aufgelöste hydrologische und hydraulische Modelle benötigt.<sup>165</sup>

Moderner Hochwasserschutz  
bewährt sich, ...

Der heutige Hochwasserschutz ist nicht auf die Klimaänderung ausgerichtet, weist aber dennoch eine grosse Flexibilität auf. Wo etwa bauliche Massnahmen bereits gemäss den Grundsätzen eines modernen Hochwasserschutzes umgesetzt sind, konnten beim Auguthochwasser 2005 grössere Schäden vermieden werden. Handlungsbedarf besteht allerdings bei den bestehenden Anlagen, die den erhöhten Anforderungen nicht mehr genügen.<sup>166</sup>

... trotzdem besteht  
Nachholbedarf.

Im Zusammenhang mit dem August-Hochwasser 2007 hat der Schweizer Bundesrat in einer ersten Analyse zur Kenntnis genommen, dass das Abfluss- und Speichervermögen von Seen und Flüssen bei derartigen Ereignissen an die Grenzen kommt und in den nächsten Jahren generell ein grosser Nachholbedarf im Hochwasserschutz besteht.<sup>167</sup> So wurden etwa folgende Schwachstellen identifiziert:

- Begrenzte Rückhaltekapazität der Seen
- Umgang mit überlasteten Systemen
- Grenzen der Vorhersage

Finanzsituation im Bereich  
Naturgefahren-Prävention

Das Eidgenössische Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK wird deshalb dem Bundesrat im Herbst eine Gesamtübersicht über die Finanzsituation im Bereich der Naturgefahren-Prävention vorlegen. Dabei geht es nicht nur um die Bewältigung des Hochwassers 2007, sondern auch um die Erneuerung bestehender Schutzbauten und um die Anpassung an den Klimawandel.

Was bei Hochwassern passieren darf, wird auch künftig von einer dynamischen Risikobewertung unter Einbezug gesellschaftspolitischer, ökonomischer und ökologischer Aspekte abhängen.

<sup>165</sup> Voraussetzung dafür ist eine entsprechende Verdichtung der hydrologischen Messnetze.

<sup>166</sup> Weitere Defizite werden die noch ausstehenden Gefahrenkarten aufzeigen.

<sup>167</sup> Medienmitteilung vom 29.8.07 [[www.bafu.admin.ch](http://www.bafu.admin.ch)]

## Handlungsfelder und Massnahmenansätze

Extremereignis	Handlungsfelder und Massnahmenansätze
Temperaturrextreme	Vorhersage von Niedrigwasser <sup>168</sup> Regelung der Entnahme von Restwasser bei sehr geringer Wasserführung
Intensivniederschläge	Überprüfung und allfällige Anpassung der Generellen Entwässerungsplanung (GEP) bezüglich der abzuleitenden Wassermengen respektive der entsprechenden Abflussbeiwerte. Bemessungen mit Reserven; Überlastfall einplanen Notfallplanung (Frühwarnsystem, Alarmierung)
Hoch- / Niedrigwasser	<p>Hochwasser:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mehr Raum für Fließgewässer (Raumsicherung); Freihalten von Gefahrenzonen mit Instrumenten der Raumplanung; Simulationen möglicher Hochwasserereignisse, um nicht besiedelte Korridore für den Überlastfall auszuscheiden (kontrolliertes Abführen von Wassermassen)<sup>169</sup></li> <li>• Grosszügige Bemessung; Vermehrte Berücksichtigung des Überlastfalls; Restrisiken bestimmen</li> <li>• Anpassung der wasserbaulichen Massnahmenplanung; Überprüfung der Hochwassersicherheiten aller Fließgewässer (insbesondere ihrer Schutzziele)</li> <li>• Konsequente Beseitigung von Hindernissen / Einbauten innerhalb der Hochwasserprofile (bspw. Anheben von Brücken, bei denen Schwemmmaterial den Abfluss behindern könnte); Pufferstrecken im Gewässer ausscheiden, Geschiebehaltstudien (Quellen, Transport, Ablagerungen), gezielte Bewirtschaftung des Geschiebes (Entnahme-/Zugabekonzepte erstellen); Monitoring von Sohlenveränderungen.</li> </ul> <p>Hoch- / Niedrigwasser:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Stauseen in Hochwasser-Management integrieren<sup>170</sup></li> <li>• Gefahrenkarten periodisch nachführen/überarbeiten</li> <li>• Teilweise wird bei der Neuplanung von Hochwasserschutzmassnahmen bereits der 'Lastfall Klimaänderung' berücksichtigt: Dabei wird bspw. ein Hochwasserabfluss HQ<sub>100</sub> um einen regional unterschiedlichen und nach Wiederkehrintervallen differenzierten Klimaänderungsfaktor erhöht.<sup>171</sup></li> </ul> <p>Niedrigwasser:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Restwasser: Überprüfung der Vorschriften bezüglich Temperatur und Menge</li> <li>• Vorhersage von Niedrigwasser</li> <li>• Verbessertes Management von Niedrigwasser</li> <li>• Verringerter Sommerniederschlag führt zusammen mit einer erhöhten Verdunstung zu niedrigeren Wasserpegeln im Bodensee. Zu erwarten sind etwas vermehrte Bemühungen, die Folgen für die Schifffahrt durch bauliche Massnahmen zu korrigieren (Hafenausbaggerungen, Stegverlängerungen, ...).</li> </ul> <p>Abnahme des jährlichen Niederschlagsvolumens:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Stauseen vermehrt im Pumpspeicherbetrieb</li> </ul>

Tabelle 13: Abflüsse: Handlungsfelder und Massnahmenansätze nach Extremereignis (siehe auch Tabelle 3)

<sup>168</sup> Mit dem Wasserhaushaltsmodell LARSIM (Large Area Runoff Simulation Model) werden bereits heute operationelle Niedrigwasservorhersagen durchgeführt (Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg, LUBW).

<sup>169</sup> Beispiele für bereits realisierte Lösungen sind etwa Teilabschnitte der frisch sanierten Engelberger Aa, die Verlegung der Flaz zum Schutz von Samedan im Oberengadin oder die Reuss im Urnerland vor der Einmündung in den Vierwaldstättersee.

<sup>170</sup> Seit den späten 1950er-Jahren wirken sich die grossen Stauseen im Wallis vor allem bei kleineren und mittleren Ereignissen dämpfend auf den Abfluss der Rhone aus.

<sup>171</sup> Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW)

Hangrutschungen, Murgänge	Berücksichtigung der neuen Situation bei der Ausarbeitung und Nachführung der Gefahrenkarten sowie bei der Festsetzung der entsprechenden Massnahmen. Evtl. bauliche Massnahmen (Entwässerungen, Schutzmauern, Ablenkdamme, Galerien) Anpassung Notfallorganisation
Felsstürze	siehe 'Hangrutschungen, Murgänge' Evtl. Zunahme in Folge verstärkter Frostwechsel-Zonen erkennen Hangsicherungen, Galerien, Schutznetze
Trockenheit	siehe 'Hoch-/Niedrigwasser' Erhöhter Bedarf an Bewässerungsmenge bei abnehmender Abflussmenge: Einsatz ressourcenschonender Bewässerungsmethoden (bspw. Tröpfchenbewässerung) Erlassen von generellen Feuerungsverboten im Freien

### Offene Punkte und weiteres Vorgehen

Tabelle 14: Abflüsse: Offene Punkte und weiteres Vorgehen

	Bemerkungen
Weiterer <b>Handlungsbedarf</b> ?	Berücksichtigung des Klimawandels bei der Ausweisung von Überschwemmungsgebieten (Gefahrenkarten) Genügend grosse Abflusskorridore planerisch sichern Öffentlichkeitsarbeit hinsichtlich der Gefährdung einzelner Regionen (lokales Hochwasser) Gezielte Vermittlung von fachspezifischen Informationen bezüglich der Auswirkungen des Klimawandels an Fachtagungen (bspw. Kantonale Wasserbautagungen, Gemeindetagungen). Hochwasser: Verbesserung der Information bei der Ereignisbewältigung (Weiterentwicklung der Hochwasservorhersage und der Alarmierung) Niedrigwasser: Niedrigwasservorhersage, bei Trockenperioden: überregionale Koordination für Bewässerungen
Mögliche <b>Zielkonflikte</b> zwischen Massnahmen bezüglich Klimawandel und anderen Bereichen?	Wasserbauliche Massnahmen vs. Siedlungsentwicklung Gefahrenzonen vs. Siedlungsentwicklung (Rück- oder Auszonungen, was bis zu materiellen Enteignungen führen kann) Wasserbauliche Massnahmen vs. landwirtschaftliche Nutzung Eingeschränkte / untersagte Wassernutzung vs. wirtschaftliche Nutzungsansprüche
<b>Kommentare</b> , Vorschläge, Anregungen?	Von besonderer Bedeutung im Zusammenhang mit den Auswirkungen des Klimawandels sind die Zeithorizonte, denn Investitionen in die Infrastrukturen beziehen sich typischerweise auf lange Zeiträume. Hochwasserschutzmassnahmen sind periodisch den Auswirkungen des Klimawandels anzupassen [7].

### 4.5.3 Gewässerökologie

#### Handlungsfelder und Massnahmenansätze

Extremereignis	Handlungsfelder und Massnahmenansätze
Temperaturrextreme	<p>Seen werden im Winter künftig schlechter zirkulieren, was zu einer ungenügenden Sauerstoffversorgung des Tiefenwassers und damit der Sedimente führen wird. Pfäffiker- und Türlensee werden heute während der Winterperiode belüftet. Gegenwärtig prüft das Wasserforschungsinstitut der ETH (Eawag), ob diese Anlagen trotz deutlicher Verbesserung des Zustands weiter zu betreiben sind. Der Klimawandel wird bei diesen Überlegungen ebenfalls zu berücksichtigen sein.<sup>172</sup></p> <p>Im Greifensee entstehen jeweils von Juli bis September kritische Situationen für die Felchen. Das Oberflächenwasser ist zu warm, unterhalb von fünf Metern hat es keinen Sauerstoff mehr. Voraussichtlich ab Frühjahr 2009 soll eine lokale Belüftung zur Vergrösserung des Fischrefugiums im Mündungsbereich des Aabachs (Niederuster) in Betrieb genommen werden.<sup>173</sup></p> <p>Auch im Bodensee kann es künftig zu längeren (mehrjährigen) Phasen schwacher vertikaler Durchmischung und somit zu unzureichender Sauerstofferneuerung im Tiefenwasser kommen. Um die Sauerstoffzehrung im Tiefenwasser gering zu halten, ist deshalb die Nährstoffbelastung zu minimieren.<sup>174</sup></p> <p>Im Sommer kann künftig bei trocken fallenden oder zu warmen Fließgewässern ein Abfischen der Fischpopulation durch die Fischerei- und Jagdverwaltung vermehrt erforderlich sein.</p> <p>Bewilligungen für die Wasserentnahme zu Kühlzwecken im Sommer sollen künftig restriktiver gehandhabt werden.</p>
Intensivniederschläge	<p>Häufiger auftretende Entlastungsereignisse belasten künftig vermehrt die Gewässer. Dies ist bei der Planung und Überprüfung der Siedlungs- und Strassenentwässerung stärker zu berücksichtigen.</p>
Hoch- / Niedrigwasser	<p>Hochwasserereignisse sind von grosser Bedeutung für Fische und andere aquatische Organismen. Im Winter können solche Ereignisse bspw. bei den Forellen zu einem Verlust der Eier oder Jungfische führen. Als Massnahme bietet sich die Revitalisierung der Gewässer an, weil naturnahe Abschnitte bessere Rückzugsmöglichkeiten für die Organismen bieten als kanalisierte Bachabschnitte.</p> <p>Naturnahe Abschnitte bewirken zudem eine bessere Retention des Wassers, wodurch die Abflussschwelle gedämpft wird.</p>
Trockenheit	<p>Bei geringem Abfluss des Vorfluters ergibt sich unterhalb von ARA-Einleitungen ein schlechtes Verdünnungsverhältnis von gereinigtem Abwasser zum Flusswasser. Ein einwandfreier Betrieb der ARA ist daher gerade während dieser Perioden von grosser Bedeutung. Ein erhöhter Wasserbedarf in der Landwirtschaft kann diese Problematik noch verschärfen. Diesem Konflikt muss bei der Bewilligung von Wasserentnahmen deshalb Rechnung getragen werden.</p>

Tabelle 15: Gewässerökologie: Handlungsfelder und Massnahmenansätze nach Extremereignis (siehe auch Tabelle 3)

<sup>172</sup> Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft (Kt. ZH)

<sup>173</sup> Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft (Kt. ZH)

<sup>174</sup> Landesamt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW)

Extremereignis	Handlungsfelder und Massnahmenansätze
Stürme	Im Winter sind Stürme von grosser Bedeutung für die Zirkulation des Seewassers. Die künftigen Windverhältnisse während der Wintermonate werden deshalb einen grossen Einfluss darauf haben, ob künstliche Belüftungen nötig sein werden.

### Offene Punkte und weiteres Vorgehen

Tabelle 16: Gewässerökologie:  
Offene Punkte und weiteres  
Vorgehen

	Bemerkungen
Weiterer <b>Handlungsbedarf</b> ?	Planungen und Bewilligungen basieren heute meist auf den Erfahrungswerten aus der Vergangenheit. Prognosen über die künftige Entwicklung fliessen in der Regel nicht mit ein.
Spezifischer <b>Informationsbedarf</b> und Wissensdefizite?	Höher aufgelöste Prognosen unter Berücksichtigung verschiedener Szenarien wären für das Gebiet des Kantons Zürich und die IBK-Region sehr erwünscht. Willkommen wäre auch eine bessere Abschätzung, bis wann mit welchen Veränderungen zu rechnen ist. Und basierend darauf: Welches sind unter diesen Voraussetzungen optimale Planungshorizonte (10, 20 oder 50 Jahre)?
Mögliche <b>Zielkonflikte</b> zwischen Massnahmen bezüglich Klimawandel und anderen Bereichen?	Wasserentnahmen zu Kühlzwecken vs. Wasserentnahmen für die Bewässerung
<b>Kommentare</b> , Vorschläge, Anregungen?	Die Experten sind sich heute noch nicht einig, wie sich der Klimawandel auf die Mittellandseen auswirken wird. Die entsprechende Forschung ist deshalb zu verstärken und der Dialog mit der Praxis zu verbessern.  Ebenfalls unklar sind die Auswirkungen des Klimawandels auf die Mikrofauna.

### 4.5.4 Grundwasser

#### Handlungsfelder und Massnahmenansätze

Tabelle 17: Grundwasser:  
Handlungsfelder und  
Massnahmenansätze nach  
Extremereignis (siehe auch  
Tabelle 3)

Extremereignis	Handlungsfelder und Massnahmenansätze
Temperaturrextreme	<p>Menge: Das Wasserdargebot nimmt tendenziell ab, der Wasserbedarf tendenziell zu (öffentliche Wasserversorgung, Landwirtschaft, Heiz- und Kühlwassernutzung), das bedingt:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Effizientere Bewässerungstechniken, Schaffung von Speicherkapazitäten, Bewässerungsinfrastrukturen auf grosse Fließgewässer und grosse Seen konzentrieren, Anpassungen beim Pflanzenanbau (Kulturwahl).</li> <li>• Bessere Vernetzung der kommunalen Wasserversorgung durch Realisierung von überregionalen Trinkwasserverbänden</li> <li>• Stärkere Vernetzung der Gemeinden mit vorwiegender Quellwasserversorgung</li> </ul>

Extremereignis	Handlungsfelder und Massnahmenansätze
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Einsatz wassersparender Armaturen</li> <li>• Gezielte Grundwasseranreicherung mit Oberflächenwasser</li> <li>• Priorisierung der Grundwassernutzung für den Trinkwasserbedarf</li> </ul> <p>Qualität: Die unsachgemässe Bewässerung und Intensivierung der Landwirtschaft fördern die Auswaschung von Düngern und Pflanzenschutzmitteln (schlechtes Verdünnungsverhältnis), das bedingt:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Optimierung der Bewässerung</li> <li>• Optimierte Düngepraxis</li> <li>• Fortsetzung / Verstärkung Grundwasserschutz in qualitativer und quantitativer Hinsicht</li> </ul>
Intensivniederschläge	siehe 'Temperaturextreme'
Hoch- / Niedrigwasser	siehe 'Temperaturextreme'
Trockenheit	siehe 'Temperaturextreme'

### Offene Punkte und weiteres Vorgehen

	Bemerkungen
Weiterer <b>Handlungsbedarf</b> ?	Verstärktes Monitoring von Altlasten (Ausspülung von Schadstoffen ins Grundwasser bei Extremereignissen) und allenfalls Sanierung bei besonders betroffenen Anlagen; verschärfte Anforderungen für Untergrundeigenschaften bei Deponien (Stabilität) <sup>175</sup>
Spezifischer <b>Informationsbedarf</b> und Wissensdefizite?	<p>Die meisten Aussagen sind derzeit noch qualitativ. Es fehlen heute präzise quantitative Prognosen über die künftige Grundwasserneubildung durch Versickerung und Infiltration und somit über das zur Verfügung stehende Grundwasserangebot.</p> <p>Es ist generell noch sehr schwierig, regionale oder gar lokale Aussagen bezüglich den Auswirkungen des globalen Klimawandels zu machen. Doch gerade in diesem Punkt besteht noch Informationsbedarf, wie das folgende Beispiel zeigt. So werden etwa Grundwasserkörper von geringer Mächtigkeit künftig für die Wasserversorgung weniger verlässlich sein. Lokal stellt sich deshalb die Frage: Welcher Grundwasserkörper wird in Zukunft noch ein sicherer Trinkwasserlieferant sein? Welche sind zu meiden? Mit diesen Fragen sind grosse Investitionen in die Infrastrukturen verbunden.</p> <p>Auf Bedarfsseite fehlen entsprechende Prognosen bei der Landwirtschaft.</p>

Tabelle 18: Grundwasser: Offene Punkte und weiteres Vorgehen

<sup>175</sup> Amt für Umweltschutz (Liechtenstein)

	Bemerkungen
Mögliche <b>Zielkonflikte</b> zwischen Massnahmen bezüglich Klimawandel und anderen Bereichen?	<p>Der erhöhte Wasserbedarf der öffentlichen Wasserversorgung, der Land- und Wasserwirtschaft wird vermehrt zu Nutzungskonflikten führen.</p> <p>Der Klimawandel wird die landwirtschaftliche Produktion nicht nur beeinflussen sondern auch verändern (neue Kulturen, Bewässerung, ...) und beeinflusst damit auch die Wasserqualität. Der Einfluss der Landwirtschaft auf die Qualität des Grund- und Trinkwassers ist deshalb zu begrenzen.</p>
<b>Kommentare</b> , Vorschläge, Anregungen?	<p>Für weitergehende Abschätzungen sind die Prognosen zum künftigen Wasserangebot/-bedarf weiter zu entwickeln.</p> <p>Von besonderer Bedeutung im Zusammenhang mit den Auswirkungen des Klimawandels sind die Zeithorizonte, denn Investitionen in die Infrastrukturen beziehen sich typischerweise auf lange Zeiträume.</p>

#### 4.5.5 Wasserversorgung

##### Handlungsfelder und Massnahmenansätze

Tabelle 19: Wasserversorgung: Handlungsfelder und Massnahmenansätze nach Extremereignis (siehe auch Tabelle 3)

Extremereignis	Handlungsfelder und Massnahmenansätze
Temperaturrextreme	<p>siehe 'Trockenheit'</p> <p>Falls sich Algenpopulationen und damit die Sauerstoffverhältnisse bei höheren Seewassertemperaturen verändern, sind allenfalls neue Aufbereitungsverfahren notwendig.</p>
Intensivniederschläge	<p>siehe 'Hoch- / Niedrigwasser'</p> <p>Bauliche Optimierung der Quellwasserschutzfassungen</p>
Hoch- / Niedrigwasser	<p>Hochwasser: Gefahr von Verunreinigungen des Trinkwassers (Einschwemmung von Schadstoffen und Mikroorganismen)</p>



Extremereignis	Handlungsfelder und Massnahmenansätze
Trockenheit	<p>Kurzfristige Massnahmen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Effiziente Wassernutzung</li> <li>• Sparsamer Umgang mit Trink- und Brauchwasser</li> <li>• Bauliche Massnahmen für die Trinkwasserversorgung</li> <li>• Überwachung der Trinkwasserqualität bei provisorischen Massnahmen</li> <li>• Entnahme von Oberflächenwasser für die Brauchwasserversorgung</li> <li>• Für Gartenbewässerung sollte künftig auch Wasser von geringerer Qualität verwendet werden. Entsprechende Infrastrukturen fehlen heute allerdings.</li> </ul> <p>Mittelfristige Massnahmen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Qualitätssicherung mit Schutzzonenausscheidungen</li> </ul> <p>Langfristige Massnahmen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Förderung der Grundwasserneubildung durch die Versickerung von Oberflächenwasser und Niederschlag</li> </ul>
Stürme	Kontrolle der Quelleinzugsgebiete im Schadensfall

### Offene Punkte und weiteres Vorgehen

	Bemerkungen
Weiterer <b>Handlungsbedarf?</b>	<p>Anpassung der Grundwasserschutzgebiete</p> <p>Vergrösserung von Speicherräumen</p> <p>Bessere Vernetzung der Wasserversorgung (gerade in schlecht vernetzten Karstgebieten)</p> <p>Trinkwasserversorgung in Notlagen</p> <p>Wasserversorgung entsprechend unterhalten (auch wegen grundsätzlichen Wasserverlusten im System)</p>

Tabelle 20: Wasserversorgung:  
Offene Punkte und weiteres  
Vorgehen

#### 4.5.6 Abwasserentsorgung

##### Handlungsfelder und Massnahmenansätze

Tabelle 21:  
Abwasserentsorgung:  
Handlungsfelder und  
Massnahmenansätze nach  
Extremereignis (siehe auch  
Tabelle 3)

Extremereignis	Handlungsfelder und Massnahmenansätze
Temperaturrextreme	<p>Die höheren Abwassertemperaturen führen zu einer verstärkten biologischen Aktivität des Belebtschlammes und damit zu einer erhöhten Abbaupkapazität. Dieser Vorteil wird jedoch gleichzeitig durch die verminderte Löslichkeit des Sauerstoffs in den Belebungsbecken bei höheren Abwassertemperaturen kompensiert. Der Strombedarf dürfte sich damit leicht erhöhen (lässt sich aber nicht quantifizieren). Massnahmen sind aber keine erforderlich.</p> <p>Die Abnahme der Kältetage reduziert den Einsatz von Kältemitteln, was sich positiv auf die Abwasserreinigung auswirkt.</p>
Intensivniederschläge	<p>Extremniederschlag führt zu Spitzenbelastungen von Abwasserreinigungsanlagen (ARA). Massnahmen sind im Kanalnetz zu treffen, um Mischwasserentlastungen möglichst zu reduzieren.</p> <p>Gefahr eines vermehrten Sand- und Kieseintrages in ARA. Entsprechenden Massnahmen sind bei der Planung / Realisierung von Kies- und Sandfängen (inkl. Austrageeinrichtungen) zu treffen.</p> <p>Stärkere Verschmutzung und hydraulische Belastung der Gewässer wegen vermehrter Mischwasserentlastungen. Massnahme: Retentionsvolumen im Kanalnetz schaffen, Mischwasserentlastungen vermehrt in stärkere Vorfluter.</p> <p>Es ist vermehrt auch mit Rückstau Problemen zu rechnen (hydraulische Kapazität). Massnahme: Überprüfung der Kanalisationsdimensionierung, grösser dimensionierte Kanäle, Überprüfung der Rückstaugefahr der Gewässer in die Kanalisation.</p>
Hoch- / Niedrigwasser	<p>siehe 'Intensivniederschläge'</p> <p>Die geringeren Wasserführungen werden zu einem schlechteren Verdünnungsverhältnis ARA-Abfluss / Fliessgewässer führen. Hohe Abwassertemperaturen und höhere Salzgehalte im Gewässer verschieben das Ammonium / Ammoniak-Verhältnis ungünstig (Gefahr von Fischsterben in Gewässern mit kritischem Verdünnungsverhältnis). Der Bewirtschaftung von Faulwasser-Rückläufen (Faulraum-/Schlamm-Entwässerung) sowie dem Betrieb der Belebungsanlagen ist eine hohe Aufmerksamkeit zu schenken. Massnahmen: Bei ARA an kritischen Fliessgewässern sind allenfalls die Einleitungsbedingungen für Ammonium / Ammoniak zu verschärfen und es sind grössere Rückhaltebecken oder zusätzliche Abwasser-Behandlungsanlagen (Strassenabwasser) zu realisieren (insbesondere bei schwachen Gewässern).</p>
Stürme	<p>Die Gefahr von Stromausfällen kann markant steigen. Die Stromversorgung der Anlagen<sup>176</sup> ist deshalb kritisch zu überprüfen. Dem Aufschalten von Leitsystemen zum Betrieb der ARA (sowie weiteren Sonderbauwerken) muss entsprechende Beachtung geschenkt werden.</p>

<sup>176</sup> allenfalls mittels Notstromgruppen

## Offene Punkte und weiteres Vorgehen

	Bemerkungen
Weiterer <b>Handlungsbedarf</b> ?	<p>Rechtlich: Bei Bedarf Verschärfung der Einleitungsbedingungen bspw. für Ammonium / Ammoniak.</p> <p>Aus-/Weiterbildung: Die Schulung des Klärwerkpersonals ist im Zusammenhang mit Störungen (bspw. als Folge klimatischer Extremereignisse) zu optimieren.</p>
Spezifischer <b>Informati- onsbedarf</b> und Wissens- defizite?	<p>Um genauer den künftigen Handlungsbedarf beurteilen zu können, sind weitere hydrologische Informationen erforderlich: bspw. über die Entwicklung von Grundwasserständen aber auch über die Häufigkeit kurzer Intensivniederschläge, die künftige Wasserführung sowie die Häufigkeit und Verteilung von Extremen. Dieses Wissen wäre für die Planung und Dimensionierung der Stadtentwässerung notwendig.</p> <p>Wie können nach Extremereignissen Melde- und Kommunikationswege garantiert werden?</p> <p>Wie kann die Stromversorgung von ARA sichergestellt werden? Wie rasch ist eine Wiederinbetriebnahme nach einem Stromausfall möglich?</p>
Mögliche <b>Zielkonflikte</b> zwischen Massnahmen bezüglich Klimawandel und anderen Bereichen?	<p>Abwärme-Rückgaben in die Kanalisation können durch die Einleitung von zusätzlich erwärmtem, gereinigtem Abwasser zu einer kritischen Erwärmung der Gewässer führen. Diese Wärmerückgaben sind bei kritischen Situationen zu untersagen.</p> <p>Die Luftkühlung von Aggregaten und Blockheizkraftwerken in ARA dürfte in vielen Fällen bei länger andauernden (erhöhten) Lufttemperaturen nicht mehr genügen. Innovative Ansätze bei der Motoren-Technologie sind gefragt.</p>
<b>Kommentare</b> , Vorschläge, Anregungen?	<p>Lange Trockenzeiten führen zu geringeren Abwassermengen in der Kanalisation (insbesondere bei geringem Gefälle und Abwasseranfall), was zu Fäulnisprozessen mit entsprechender Geruchsentwicklung führen kann (Massnahmen: korrekte Entlüftung, dichte Bauwerke, vermehrte Kanalreinigung).</p> <p>Es sind Alternativen zur heutigen Toilettentechnologie zu prüfen (bspw. No-Mix-Toiletten).</p> <p>Vermehrte Feststoffablagerungen während langen Trockenperioden (Massnahme: gezielte Schwallspülungen an neuralgischen Stellen)</p>

Tabelle 22:  
Abwasserentsorgung: Offene  
Punkte und weiteres Vorgehen

## 4.6 Gesundheit

### Einleitung

- Frühwarnsystem gegen Hitzewellen...

  - **Hitzewellen:** Die Anpassung der Menschen an kurzfristig auftretende Hitzewellen ist möglich, der Zunahme der hitzebedingten Mortalität muss allerdings mit entsprechenden Massnahmen begegnet werden: Kurzfristig: Aufklärung<sup>177</sup> und Frühwarnung<sup>178</sup> der Bevölkerung, Betreuung von Risikogruppen; langfristig: Kühlung/Lüftung von Infrastrukturen, angepasste Bauweise<sup>179</sup> und Städteplanung<sup>180</sup>.
- ... und Naturgefahren

  - **Naturgefahren:** Ein Schutz vor Naturgefahren ist bis zu einem gewissen Grad möglich. In vielen Fällen wird sich die Gesellschaft jedoch darauf beschränken, Gefahrenzonen auszuschneiden<sup>181</sup>, Restrisiken durch eine entsprechende Kommunikation und durch Frühwarnsysteme zu minimieren und Opfern mit einer entsprechenden Notfallplanung beizustehen. Bei lokaler Verschmutzung des Trinkwassers muss die Bevölkerung rechtzeitig darüber informiert und alternative Versorgungswege sichergestellt werden.<sup>182</sup>
- Klimaerwärmung und Ozonbelastung

  - **Atemwegserkrankungen und Allergien:** Die Klimaerwärmung begünstigt zwar die Bildung von bodennahem Ozon. Für die Ozonbildung selbst und für längerfristige Auswirkungen auf die Erkrankungen der Atemwege und Allergien sind jedoch die Primärschadstoffe (Stickstoffdioxid NO<sub>2</sub> oder flüchtige organische Verbindungen VOC) wichtiger. Um die belastenden Spitzenkonzentrationen zu brechen, sollen die Emissionen dieser Primärschadstoffe gesenkt werden. Die Bevölkerung soll über hohe Ozonkonzentrationen informiert werden. Teilweise wurden solche Ozoninformationssysteme bereits realisiert. Die durch den Klimawandel begünstigte Pollenausbreitung kann nicht verhindert werden. Möglich sind jedoch Massnahmen gegen die Verbreitung neuer allergener Pflanzen (bspw. Ambrosia) oder der Verzicht auf den Anbau von Pflanzen mit hohem Allergiepotenzial (bspw. Olivenbäume).
- Prävention und Aufklärung

  - **Vektorübertrage Krankheiten:** Die Ausbreitung von Tierkrankheiten muss kontinuierlich überwacht werden. Besonderes Augenmerk gilt der Früherkennung von Wirtewechseln. Sie spielt für die Prävention und die Aufklärung der Bevölkerung eine entscheidende Rolle. Massnahmen gegen Zeckenerkrankungen umfassen die Beobachtung und die Überwachung. Die Daten zur Verbreitung und Übertragung der Zecken-Hirnhautentzündung sind heute noch lückenhaft.

<sup>177</sup> Bundesamt für Gesundheit (BAG): [www.hitzewelle.ch](http://www.hitzewelle.ch)

<sup>178</sup> Bundesamt für Meteorologie und Klimatologie (MeteoSchweiz): [www.meteoschweiz.admin.ch](http://www.meteoschweiz.admin.ch)

<sup>179</sup> bessere Isolation, kleinere Fensterfläche, Durchlüftungskorridore

<sup>180</sup> Grünflächen

<sup>181</sup> mittels Gefahrenkarten

<sup>182</sup> Die Trinkwasserkontrolle funktioniert im Allgemeinen jedoch sehr gut. Es sind deshalb nur sehr wenige Fälle von Gesundheitsproblemen bekannt, die durch verschmutztes Trinkwasser ausgelöst wurden [35].

## Handlungsfelder und Massnahmenansätze

Extremereignis	Handlungsfelder und Massnahmenansätze
Temperaturrextreme	<p>Massnahmen zur Reduktion der Emissionen<sup>183</sup>: sowohl langfristig als auch vor und während Inversionen im Sommer (Ozon) und Winter (Feinstaub).</p> <p>Möglicherweise Verschiebung der Emissionsschwerpunkte vom Winter in den Sommer (Motorfahrzeuge).</p> <p>Massnahmen zur Begegnung hitzebedingter Herz-Kreislaufkrankungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sensibilisierung der Bevölkerung und des Betreuungspersonals über das richtige Verhalten bei Hitzeperioden (speziell: ältere Bevölkerung, Personen mit Atemwegserkrankungen, Herz-Kreislauf-Erkrankungen) zum Thema 'Richtige Verhaltensweise bei Hitzeperioden'</li> <li>• Die Bekämpfung / Prävention 'hitze-bedingter' Infektionskrankheiten (Borreliose, Enzephalitis, evtl. West-Nil-Fieber, ...) wird bestimmt intensiviert werden müssen. Impfungen werden vermehrt nötig sein.</li> </ul> <p>Atemwegserkrankungen: Aufklärung der Bevölkerung zum Schutz (bspw. Ozonwertalarmierung, während Ozon-Höchstbelastungen auf Sport verzichten, etc.).</p>
Hoch- / Niedrigwasser	<p>Hochwasser:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Katastrophenpläne für Spitäler/Ärzte</li> <li>• Strategien für Seuchenbekämpfung, Medikamentenvorrat, Impfungen</li> <li>• Schulung der Bevölkerung betreffend des Verhaltens bei Hochwasser (Notvorrat)</li> </ul>
Trockenheit	<p>Sensibilisierung der Bevölkerung: regelmässiger Trinkwasserkonsum bei anhaltenden Hitze- und Trockenperioden (v. a. ältere Bevölkerung)</p>

Tabelle 23: Gesundheit: Handlungsfelder und Massnahmenansätze nach Extremereignis (siehe auch Tabelle 3)

<sup>183</sup> siehe Luft-Programm 2007/2007 (Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft, Kt. ZH)

## Offene Punkte und weiteres Vorgehen

Tabelle 24: Gesundheit: Offene Punkte und weiteres Vorgehen

	Bemerkungen
Weiterer <b>Handlungsbedarf</b> ?	<p>Massnahmen zur Begegnung vermehrter Allergien, vektorübertragener Krankheiten, von Hautkrebs</p> <p>Massnahmen zur Begegnung der Verschlechterung der Lebensmittelhygiene, Badewasserhygiene</p> <p>Installation von Hitzewarnsystemen</p> <p>Anpassen des Verhaltens der Bevölkerung an neue Pflanzen- (bspw. Ambrosia) und Tierwelt, und der medizinischen Therapie an diese Umstände</p> <p>Ausbau des Monitorings gesundheitsrelevanter Aspekte des Klimawandels</p> <p>Beobachtung und Kontrolle von neu auftretenden Zoonosen: Anpassung der Impfpläne, Entwicklung neuer Impfungen, Erkrankungsprophylaxe (Malaria etc.)</p> <p>Katastrophenpläne für Gesundheitsorganisationen (Spitäler, Samariter etc.) und Schulung</p>
Spezifischer <b>Informationsbedarf</b> und Wissensdefizite?	<p>Die Auswirkungen des Klimawandels auf die Wirkungskette Schadstoffemission → Immission → Gesundheit / Ökosystem → sind heute noch weitgehend unklar respektive nur ansatzweise extrapolierbar.<sup>184</sup></p> <p>Allgemeiner Umgang mit Katastrophen (Spitäler, Samariter, Bevölkerung)</p> <p>Entwicklung / Verbreitung von bisher in der Region unbekanntem Zoonosen</p> <p>Verstärktes Auftreten (neuer) Keime: deren Behandlung, evtl. Resistenzentwicklung</p> <p>Umgang mit hohen Ozonwerten</p>
Mögliche <b>Zielkonflikte</b> zwischen Massnahmen bezüglich Klimawandel und anderen Bereichen?	<p>Für jede Massnahme zur CO<sub>2</sub>-Reduktion sind die lufthygienischen Bedingungen so zu formulieren, dass gleichzeitig die Schadstoffemissionen vermindert werden oder zumindest nicht ansteigen (bspw. keine Dieselmotoren ohne Filter).</p> <p>Ein nicht fachgerechter Betrieb von Holzfeuerungen führt zu hohen Schadstoffemissionen.</p> <p>Die Auswirkung biogener Brenn-/Treibstoffe auf Schadstoffemissionen beziehungsweise bestehende Technologien zur Schadstoffminderung ist unklar.</p> <p>Tourismus: Einschleppung neuer Krankheiten in die Bodenseeregion</p>

<sup>184</sup> Es wird geschätzt, dass es im Hitzesommer 2003 aufgrund der hohen Ozonwerte zu 130-300 zusätzlichen Todesfällen gekommen ist, was etwa 13% bis 30% der hitzebedingten, erhöhten Mortalität entspricht [14].

## 4.7 Tourismus

### Einleitung

Die Tourismusdestinationen werden ihr Angebot den veränderten Bedingungen anpassen, um die Attraktivität ihres Standortes erhalten zu können. Klimatische und landschaftliche Veränderungen müssen in die Planung künftiger touristischer Dienstleistungen miteinbezogen werden.

Angebote anpassen

### Handlungsfelder und Massnahmenansätze

- Weniger Schnee, weniger Wintertourismus. Alternativen erarbeiten. Problematik Schneekanonen-Boom.
- Der Hitzesommer 2003 hat gezeigt, dass der Sommertourismus in höheren Lagen an Bedeutung gewinnen kann. Die Attraktivität der alpinen Gebiete (kühlere Lage, Luftqualität, etc.) dürfte deshalb zunehmen und den Druck auf diese Gebiete erhöhen. Massnahmen wäre bspw. eine zielgerichtete Kommunikation, um den Schutz der Naturwerte zu unterstreichen (Sensibilisierung, Verhaltensmassnahmen, etc.), Park & Ride-Systeme, um den Individualverkehr zu reduzieren bzw. Förderung des öffentlichen Verkehrs. Allerdings werden die Bergbahnen vom Sommertourismus alleine nicht überleben können, erwirtschaften sie doch rund 80% des Umsatzes im Winter.
- Von häufigen Hitzewellen und Schönwetterperioden profitieren ganz allgemein Orte mit attraktiven Wander- und Bademöglichkeiten.
- Möglicherweise werden gesundheitliche Gefährdungen als Folge des Klimawandels in den Städten (siehe Kapitel 4.6) diesen Trend noch verstärken.
- Strukturelle und finanzielle Probleme der Bergbahnen werden mit dem Klimawandel insbesondere in den Voralpen noch verschärft.
- Auf die potenzielle Gefährdung von Infrastrukturen (Bergsportinfrastrukturen, Gebäude, Alpinhütten, Wander- und Strassenwege) und Aktivitäten durch Extremereignisse oder Naturgefahren muss mit entsprechenden Massnahmen<sup>185</sup> geantwortet werden. Auf entsprechende Gefahren wäre präventiv hinzuweisen. Der Tourismus könnte sich hier als Informationsvermittler (Naturgefahren, Prävention, Umgang mit Waldbrandgefahr) allenfalls sogar noch profilieren.
- Anpassungsstrategien werden in Zukunft unumgänglich sein. Um seine Glaubwürdigkeit allerdings zu bewahren, muss der Tourismussektor als Mitverursacher der Klimaänderung seine Verantwortung auch im Bereich des Klimaschutzes wahrnehmen.

Höhere Attraktivität im Sommer,  
Umsatz im Winter

Tourismussektor in der  
Verantwortung

<sup>185</sup> Tourismuskonzepte/-strategien, raumplanerische Massnahmen, Kommunikation

## Offene Punkte und weiteres Vorgehen

Tabelle 25: Tourismus: Offene Punkte und weiteres Vorgehen

	Bemerkungen
Weiterer <b>Handlungsbedarf</b> ?	<p>Der Ausbildungs- und Informationsbedarf wird zunehmen und gerade der Tourismus kann in diesem Bereich ein wichtiger Partner sein.</p> <p>Angebote, welche die Umwelt schonen, sind zu forcieren (liegt auch auf der Nachfrageseite im Trend). Erholung und Spass verbunden mit dem Gefühl etwas Gutes zu tun, es richtig zu machen, etwas dazu lernen zu können, haben Innovationspotenzial. In touristischen Einrichtungen können emissionsarme Heiz- oder Kühlsysteme dazu beitragen, den Wert und die Wettbewerbsfähigkeit des Angebots zu fördern. Die Verwendung von regionalen Produkten ist zu unterstützen (Gäste erwarten dies zunehmend). Qualität innerhalb der gesamten Service-Kette muss gefördert werden.</p>
Spezifischer <b>Informationsbedarf</b> und Wissensdefizite?	<p>Die Tourismusbranche setzt sich generell aus einer Vielzahl von privaten und öffentlichen Akteuren zusammen (Leistungsträger aus Gastronomie, Museen, Sporteinrichtungen, öffentliche Hand, etc.). Es kann daher nicht von einem einheitlichen Wissenstand bezüglich der Auswirkungen des Klimawandels auf den Tourismus ausgegangen werden. Eine gute Kommunikation und Information sind dementsprechend wichtig.</p> <p>Mit Ausnahme gesetzlicher Bestimmungen können und sollen Massnahmen nicht 'verordnet' werden. Veränderungen lösen aber immer auch Innovationen aus. Letztlich entscheidet jedoch der Konsument und damit der Markt (Chance der Veränderung nutzen). Vor allem gut informierte Konsumenten verlangen ein optimales Preis-/Leistungsverhältnis (gute Leistung gesteht der Natur den ihr zustehenden Stellenwert ein).</p>
<b>Kommentare</b> , Vorschläge, Anregungen?	<p>Der Sommertourismus in höheren Lagen ist heute nur für wenige eine wirkliche Alternative. Daher entwickeln sich auch Beschneigungsanlagen so schnell. Und nur ein Teil der Konsumenten sucht umweltschonende Angebote.</p>

## 4.8 Energie

### Einleitung

Als Folge des Klimawandels werden vor allem in den nachfolgenden Bereichen Massnahmen nötig sein:

- **Jahreszeitliche Veränderung der Energienachfrage** (Sommer, Winter)<sup>186</sup>: Auch in der Schweiz (und Mitteleuropa) wird die Nachfrage nach Energiedienstleistungen weiter zunehmen. Als Folge des Klima-

Zunahme der  
Energiedienstleistungen

<sup>186</sup> siehe Kapitel 3.7



wandels kommt es zu einer Verlagerung von Heizenergie (Brennstoffe) im Winter zu Kühlenergie (Strom) im Sommer (siehe Kapitel 3.7).

- **Elektrische Energieproduktion** (Wasserkraft, Kernenergie): Bei gleich bleibenden Fixkosten wird die Energieproduktion durch Wasserkraft und Kernenergie in der Schweiz als Folge des Klimawandels im Sommer abnehmen (siehe Kapitel 3.7).
- **Erneuerbare Energien** erhalten infolge Substitution fossiler Energieträger einen höheren Stellenwert.
- **Wirtschaftliche Aspekte** (Energiepreise, Versicherungen, etc.): Es wird allgemein angenommen, dass die Energiepreise künftig nicht mehr unter das Niveau von 1985 bis 2000 fallen werden. Dazu tragen die folgenden Entwicklungen bei [35]:
  - Steigende globale Nachfrage nach Energie. Die Internationale Energieagentur rechnet mit einem Anstieg der Nachfrage von 50% bis 2030 [18]. 60% des Anstiegs müssten durch Erdöl und Erdgas gedeckt werden.
  - Mit dem Klimawandel nimmt die Variabilität im hydrologischen Kreislauf zu. Bei mehr Extremereignissen kommt es zu mehr Betriebsunterbrüchen und Schäden (siehe Kapitel 2.3.3).

Steigende globale Nachfrage nach Energie

#### Handlungsfelder und Massnahmenansätze

- **Aktive eigenständige Energiepolitik:** Förderung der Energieeffizienz bei Wärme und Strom; Förderung der erneuerbaren Energien und sowie Bereitstellung neuer, CO<sub>2</sub>-neutraler Produktionskapazitäten im Hinblick auf die sich abzeichnende Versorgungslücke (in der Schweiz).<sup>187</sup>
- **Politischer Entscheidungsprozess:** Politischer und demokratischer Entscheidungsprozess über die künftige Gestaltung der inländischen Stromversorgung
- **Interessenabwägung:** Im Hinblick auf eine mögliche Häufung saisonaler Wasserknappheiten ist dem Konflikt zwischen Energienutzung aus Wasserkraft und anderer Wassernutzung vermehrt Beachtung zu schenken.
- **Verminderte Kühlleistung:** Der verminderten Kühlleistung der Flüsse infolge höherer Wassertemperaturen muss Rechnung getragen werden.
- **Erneuerbare Energien:** Abgesehen von den Auswirkungen der Zunahme von Extremereignissen wird sich die Klimaänderung vermutlich positiv auf die Nutzung der Holzenergie auswirken, denn die Waldflächen werden sich ausdehnen (siehe Kapitel 3.2.2). Ob damit aber auch das wirtschaftlich nutzbare Potenzial steigt, kann heute nicht beurteilt werden.

Einfluss Klimawandel auf künftiges wirtschaftliches Potenzial des Waldes noch unbekannt

<sup>187</sup> Die energiepolitischen Massnahmen zur Senkung des CO<sub>2</sub>-Ausstosses sind nicht Gegenstand dieses Berichtes.

Es ist anzunehmen, dass die Akzeptanz neuer erneuerbarer Energien im Zusammenhang mit der Klimadiskussion und im Zuge der Klimapolitik weiter zunehmen wird.

## 4.9 Bauten und Infrastrukturen

### 4.9.1 Hochbau

#### Handlungsfelder und Massnahmenansätze

Städtische Wärmeinseln

- **Städtische Siedlungen:** Der Effekt städtischer Wärmeinseln wurde in der Schweiz im Städtebau bislang vernachlässigt. Der zusätzlichen Verstärkung dieses Effektes als Folge der Klimaerwärmung kann aber mit der Raumplanung entgegengewirkt werden (Grünflächen, Begrünung/Beschattung von Gehsteigen, ...).
- **Gebäudehülle:** Die Zahl an schadenanfälligen Konstruktionen wird künftig vermutlich zunehmen.<sup>188</sup> Besonders beachtet werden müssen
  - die Hagelresistenz leichter Materialien,
  - die Befestigungen von Leichtfassaden und Dachbelägen sowie
  - die Bruchsicherheit von Glasmaterialien.

Künftig höhere Anforderungen an die Konstruktion

Auch technische Bauten (Masten, Türme, Brücken, Treibhäuser, etc.) sind von stärkeren Witterungseinflüssen betroffen. Bei Liegenschaften ist die Bemessung der Entwässerung insbesondere bei Hang- und Muldenlagen zu beachten (siehe auch Kapitel 0). In höheren Lagen kann die erwartete Zunahme der Winterniederschläge zu generell höheren Schneelasten führen.

Baunormen/-vorschriften periodisch überprüfen

Generell sind Baunormen und -vorschriften im Hinblick auf eine allfällige Zunahme der Extremereignisse zu überprüfen, da sie sich auf Mittelwerte vergangener Beobachtungsperioden des Klimas abstützen. Wo es die Situation erfordert, ist der für bestehende Bauten und in wenig gefährdeten Gebieten der Objektschutz zu prüfen. So kann die Schadenempfindlichkeit herabgesetzt und die Notwendigkeit baulicher Schutzmassnahmen – bspw. an einem Gewässer – vermindert werden (siehe auch Kapitel 4.5.2). Technische Bauwerke sind entsprechend zu überprüfen. Industrie- und Gewerbebetriebe, die mit umweltrelevanten Stoffen arbeiten und in gefährdeten Zonen stehen, sollen systematisch erfasst und beurteilt werden.<sup>189</sup>

Regelung des Wärmebedarfs und der Wärmeabgabe

- **Raumklima:** Die gute Wärmeisolation neuer oder erneuerter Gebäude reduziert im Winter den Wärmebedarf verhindert aber im Sommer auch die Wärmeabgabe. Ein guter Sonnenschutz, energieeffiziente und geregelte Geräte und Beleuchtung, Systeme zur Wärmeabgabe (bspw.

<sup>188</sup> Beschattungsanlagen, Dämmungen und Anlagen zur Energieersparnis/-erzeugung (Solaranlagen, Sonnenkollektoren, etc.)

<sup>189</sup> Bspw. die Lonza AG in Visp (Kanton Wallis): Das Firmengelände wird im Norden von der Rhone durchschnitten und grenzt im Westen an die Vispa (Seitengewässer aus dem Saas-/Mattertal).

Abgabe der im Inneren von Gebäuden gefangenen Wärme während der Nacht<sup>190</sup> oder auch Wärmerückführung an das Erdreich über Erdsonden, die im Winter Umgebungswärme für die Wärmepumpen liefern<sup>191</sup>) oder auch Lüftungs- und Kühlanlagen können dieser Wärmebelastung entgegenwirken (bspw. Minergie-Standards<sup>192</sup>). Bei Neubauten kann eine entsprechende Bauweise den Einbau von Kühlanlagen überflüssig machen. Free-cooling-Systeme<sup>193</sup> oder hocheffiziente Kühlanlagen verbrauchen einen Bruchteil an Energie konventioneller Kühlgeräte (siehe auch Thema 'Geothermie' in Kapitel 4.8).<sup>194</sup>

Auch architektonische Massnahmen leisten einen Beitrag: Sonnenschutz, Raumtiefe, Fenstergrösse/-ausrichtung landschaftsarchitektonische Elemente (Bäume, Grünflächen, Wasseranlagen). Für die Anpassung bereits bestehender Bauten ist mit zusätzlichen Kosten zu rechnen. Bei Bürogebäuden und anderen Nutzbauten ist der Nutzen der Raumkühlung in Form höherer Arbeitsproduktivität und Arbeitsplatzattraktivität nicht zu unterschätzen. Bei Wohnbauten kann bei einer angepassten Bauweise im Allgemeinen auf Kühlgeräte verzichtet werden. Wichtig ist auch hier die Nachtauskühlung sowie ein geregelter Sonnenschutz, der die externe Wärmelast reduziert.

Architektonische Massnahmen

## 4.9.2 Tiefbau

### Einleitung

Die Auswirkungen der Klimaänderung auf das Schienen- und Strassennetz sind vor allem auf die wahrscheinliche Zunahme von Extremereignissen zurückzuführen. Mit entsprechenden Strategien und Gegenmassnahmen sollten jedoch zusätzliche Beeinträchtigungen dieser wichtigen Infrastrukturen künftig minimiert werden können [35].

Entscheidend sind die Extremereignisse

### Handlungsfelder und Massnahmenansätze

#### Schiennetz

- Das Schienennetz wird künftig vermehrt noch von Massenbewegungen betroffen sein. Hier werden zusätzliche Objektsicherungen (bspw. Lawinengalerien, Steinschlagnetze, Murgangbremsen oder auch Hochwasserdämme) nötig werden. Intensivere Niederschläge stellen künftig höhere Anforderungen an die Entwässerung. Die Instabilität von Steilagen (Gebirge) sowie bei künstlich angelegten Böschungseinschnitten (Mittelland und Voralpen) wird nach Intensivniederschlägen in Zukunft weiter zunehmen.

Massenbewegungen und Entwässerung als Herausforderung

<sup>190</sup> free cooling

<sup>191</sup> geo cooling

<sup>192</sup> [www.minergie.ch](http://www.minergie.ch)

<sup>193</sup> Solche Systeme nutzen wenn möglich die freie Kälte (niedrige Aussentemperaturen bei Nacht, Verdunstung, Wärmepumpen-Erdsonden).

<sup>194</sup> Wirtschaftliche und ressourcenpolitische Gründe aber auch das Potenzial grosser Energieeinsparungen sprechen für eine möglichst effiziente Gebäudekühlung.

- Aufgrund der grösseren Hochwassermengen kann es zu Durchflussproblemen bei Brücken und Durchlässen können. Auch hier werden zusätzliche Massnahmen nötig werden.
- Bei Gleisanlagen ist ein definiertes Waldprofil anzustreben, so dass umstürzenden Bäume keinen Schaden anrichten können. Bahnbetreiber müssen häufigeren Gleisverwerfungen vorbeugen.
- Gegen Schienenverwerfungen bei höheren Temperaturen sind entsprechende Massnahmen im Gleisbau zu realisieren.
- Bei Brücken, Tunnels und Durchlässen sind keine baulichen Probleme im Zusammenhang mit dem Klimawandel zu erwarten. Die erwartete Zunahme der Temperatur sowie die erhöhte statische Belastung bei Stürmen kann von den Bauwerken aufgenommen werden.

### Strassennetz

Weniger empfindlich als das Schienennetz

Obwohl grundsätzlich weniger empfindlich, wird auch das Strassennetz in Zukunft in ähnlicher Weise wie das Schienennetz von den Auswirkungen künftiger Extremereignisse (Intensivniederschläge, Hochwasser, Massenbewegungen, Stürme) betroffen sein.

Neuralgische Punkte im Auge behalten

Generell können sowohl das Schienen- als auch das Strassennetz an exponierten Lagen durch eine Zunahme von Massenbewegungen infolge höherer Temperaturen (Frostwechsel) oder infolge höherer Abflüsse nach Intensivniederschlägen durch den Klimawandel empfindlich beeinträchtigt werden. Solche neuralgischen Punkte der Verkehrsinfrastruktur müssen grundsätzlich überwacht werden und allfällig zu treffende Massnahmen am Objekt situativ beurteilt werden.

## 4.10 Versicherungen

### Einleitung

Wirtschaftliche und gesellschafts-politische Massnahmen

Die mit der Klimaänderung erwartete Zunahme der Stärke und Häufigkeit von Extremereignissen hat deutliche Auswirkungen auf die Versicherungsgesellschaft. Einen Teil dieser Auswirkungen können die Versicherungen selbst mit Massnahmen abdecken, für andere braucht es hingegen Massnahmen auf gesellschaftlicher und politischer Ebene.

### Handlungsfelder und Massnahmenansätze

- **Versicherungen:** Anpassungsmassnahmen sind Prämien erhöhungen, Anpassungen der Versicherungsbedingungen (höhere Selbstbehalte, Ausschlüsse, Deckungslimiten) oder Risikoprämien<sup>195</sup>.
- **Gesellschaft:** Durch Ausschlüsse, Deckungslimiten oder eine ungenügende Rückversicherungsdeckung können Deckungslücken entstehen, für die letztlich die Gesellschaft und der Staat aufkommen muss. Deshalb und im Sinne der Nachhaltigkeit soll es das Ziel sein, durch gesellschaftliche und politische Rahmenbedingungen die Folgen von Extremereignissen möglichst zu minimieren. Ein solcher Massnahmenkatalog umfasst beispielsweise die folgenden Instrumente:
  - **Raumplanung:** Naturgefahren sollen nicht nur in ihrer heutigen, sondern auch in ihrer künftigen Ausdehnung berücksichtigt werden.
  - **Baunormen/Baugesetze:** Mit diesen Instrumenten lässt sich etwa beeinflussen mit welchem Material gebaut werden muss. Auch hier gilt im Hinblick auf die Auswirkungen der Klimaänderung eine vorausschauende Planung und Realisierung.
  - **Versicherungen:** Die Versicherer können die verschiedenen Anpassungen unterstützen. Mit Vorbehalten oder Auflagen etwa, welche die Umsetzung der Massnahmen fördern.

Selbstbehalte anpassen

Deckungslimiten vermeiden und Nachhaltigkeit anstreben

Entscheidend für die Versicherer ist heute nicht nur, Trends anzuerkennen, sondern auch proaktiv zu handeln, denn die Abstützung auf statistische Erfahrungswerte genügt heute nicht mehr. Dabei ist ein nachhaltiges Risikomanagement eine wichtige Massnahme. Jede auf historischen Daten durchgeführte Risikoanalyse läuft Gefahr, heutige Risiken bis zu einem gewissen Grad zu unterschätzen, sofern die bisher stattgefundenen Klimaänderung nicht explizit berücksichtigt wird. Entsprechend dem Vorsorgeprinzip sollen Erstversicherer deshalb bei der Gestaltung ihrer Rückversicherungsprogramme eine Unsicherheitsmarge einschliessen oder andere schadenmindernde Massnahmen ergreifen [44].

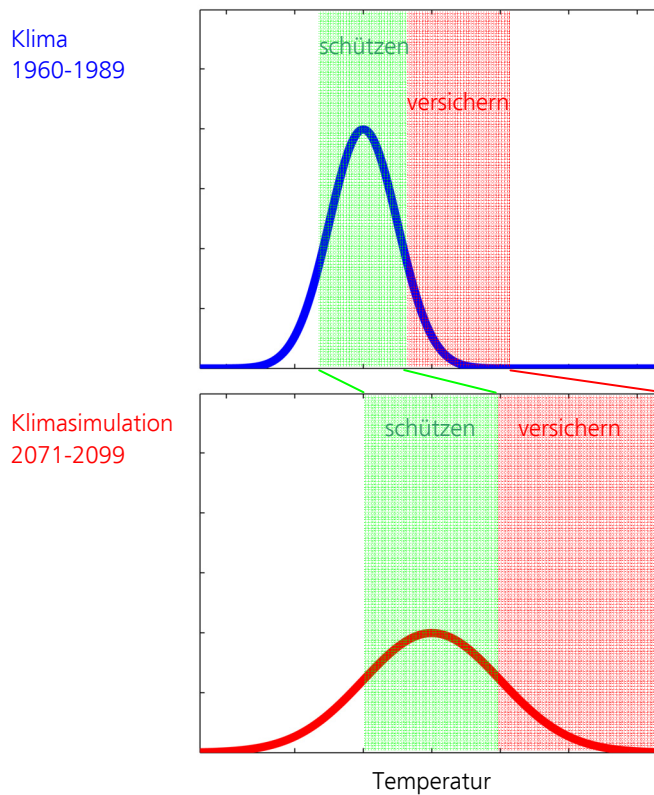
Unsicherheitsmarge einschliessen

Die Bereiche, wo die Gesellschaft künftig schützen und die Versicherungen Risiken decken muss, werden sich als Folge der Klimaänderung verschieben (Abbildung 5).

'Schützen' und 'versichern' überdenken

<sup>195</sup> In der Schweiz macht eine Risikoprämie für einzelne Objekte nur beschränkt Sinn, denn erst eine massive Prämienhöhung würde Eigentümer dazu bewegen, Geld bspw. in den Objektschutz zu investieren. Wirkungsvoller hingegen sind angepasste Selbstbehalte.

Abbildung 5: Die Klimaänderung führt nicht nur zu einer Zunahme der mittleren Temperatur, sondern erhöht auch die Häufigkeit und Intensität der Extremereignisse. Damit ändern sich auch die Bereiche, wo sich die Gesellschaft schützen (grün) und die Versicherungen Risiken decken muss (rot). Die Abbildung lässt sich auch auf Naturgefahren übertragen (mod. nach [35]).



#### 4.11 Anpassung an den Klimawandel in Europa

Die EU hält in ihrem Grünbuch<sup>196</sup> zur Anpassung an den Klimawandel vier Aktionsschwerpunkte fest [24]:

##### Frühzeitiges Handeln in der EU (politische Optionen)

- Einbezug von Anpassungsmassnahmen in die Umsetzung und Änderung geltender und künftiger Rechtsvorschriften und Politiken
- Einbezug von Anpassungsmassnahmen in bestehende Förderprogramme der Gemeinschaft
- Entwicklung neuer politischer Massnahmen

##### Einbezug von Anpassungserfordernissen in aussenpolitische Massnahmen der EU

Anpassungsstrategien als Grundlage für die Zusammenarbeit

Die Klimaauswirkungen und die sich daraus ergebenden Anpassungen werden die Beziehungen der EU zu Drittländern beeinflussen. Die EU muss deshalb mit Entwicklungsländern, Nachbarländern und Industriestaaten in

<sup>196</sup> Die Internet-Konsultation der Öffentlichkeit läuft bis zum 30.11.07. Nach seiner Annahme wird das Grünbuch in Brüssel veröffentlicht.

Dialog treten und Partnerschaften schliessen. Obgleich die unterschiedlichen wirtschaftlichen, politischen, sozialen und ökologischen Bedingungen in den Partnerländern spezifische Anpassungsstrategien erfordern, sind viele Anpassungsmassnahmen für alle Länder gleich, was eine gute Grundlage für die Zusammenarbeit bietet.

### **Reduktion der Unsicherheit durch Erweiterung der Wissensgrundlage in der Klimaforschung**

Die fundierten wissenschaftlichen Erkenntnisse im vierten Klimabericht der UNO, im OcCC-Bericht CH2050 oder auch in den KLIWA- und KLARA-Studien sind für die Entwicklung einer Klimapolitik unerlässlich. Dennoch bestehen nach vor nur sehr beschränkte Prognosen für die Klimaauswirkungen auf regionaler und lokaler Ebene. Und auch bezüglich den Kosten und dem Nutzen von Anpassungsmassnahmen für kürzere Zeiträume (2020-2030) bestehen noch Wissensdefizite. Es muss deshalb ein integrierter, sektorübergreifender und holistischer Ansatz mit Internalisierung der Umweltkosten gefördert werden. Forschungsarbeiten sollten sich auf die Komplexität zusammenhängender Faktoren konzentrieren, die unabhängig voneinander nicht analysiert werden können. Der europaweiten Forschung sollte dabei Priorität eingeräumt werden.

Kosten und Nutzen von Anpassungsmassnahmen analysieren

### **Einbezug der Gesellschaft, Wirtschaft und der öffentlichen Verwaltung der EU in die Entwicklung koordinierter und umfassender Anpassungsstrategien**

Die erforderliche Anpassung an den Klimawandel könnte in besonders wetterabhängigen Wirtschaftssektoren wie Land- und Forstwirtschaft, erneuerbare Energien, Wasser, Fischerei und Fremdenverkehr oder in Sektoren, die gegenüber Klimaänderungen besonders exponiert sind, wie Häfen, industrielle Infrastrukturen sowie städtische Siedlungen in Küsten-, Überschwemmungs- und Berggebieten, bedeutende Umstrukturierungen in Gang setzen. Es soll deshalb ein strukturierter Dialog mit den betroffenen Bezugsgruppen stattfinden, um diese Herausforderungen systematisch zu untersuchen. Dabei können Standpunkte ausgetauscht und Empfehlungen für umfassende und koordinierte Strategien, einschliesslich etwaiger Umstrukturierungs- und flankierender Massnahmen, gegeben werden.

Mit den Betroffenen in den Dialog treten

## 5 Schlussfolgerungen

### 5.1 Folgerungen

#### 5.1.1 Vorsorge

Strategische Massnahmen  
formulieren...

Alle in diesem Bericht behandelten Bereiche der Umwelt, Wirtschaft und Gesellschaft werden künftig von den Auswirkungen – insbesondere den Extremereignissen – des Klimawandels betroffen sein. Strategische Massnahmen drängen sich deshalb auf und lassen sich bereits heute – basierend auf dem verfügbaren Wissen bezüglich der zu erwartenden Auswirkungen des Klimawandels – rechtfertigen.

Bezüglich der Stärke und der Geschwindigkeit dieser Auswirkungen auf regionaler Ebene sind künftig noch genauere Klimaprojektionen wünschenswert, bspw.:

- **Auswirkungen des Klimawandels:** Wie schnell und wie stark werden die Auswirkungen des Klimawandels den Kanton Zürich und die IBK-Region betreffen?
- **Hydrologischer Kreislauf:** Welche konkreten Folgen wird ein sich verändernder hydrologischer Kreislauf auf Umwelt, Wirtschaft und Gesellschaft haben?

... und heute bereits einleiten

Dennoch sind Entscheidungsträger aufgrund der Trägheit des Klimasystems und der langfristig zu erwartenden Auswirkungen des Klimawandels jetzt gefordert, vorsorgliche Massnahmen im Sinne der Anpassung an den Klimawandel zu treffen. Heute noch bestehende Unsicherheiten sollen zu grösserer Vorsicht bei der Formulierung von Strategien Anlass geben.

#### 5.1.2 Zielkonflikte

Widersprüche zur aktuellen  
Politik

Die Analysen zeigen, dass eine Reihe von Massnahmen bezüglich Klimawandel teilweise im Widerspruch zur aktuellen Politik stehen und deshalb bezüglich Massnahmen in anderen Bereichen konkrete Zielkonflikte existieren, bspw.:

- **Landökosysteme:**
  - Konflikte um Land, Wasser und Finanzen.
  - Wald: Kostenintensive Bachuferbestockungen; Konflikt zwischen Aufbau von Mischbeständen und der Wirtschaftlichkeit.
- **Landwirtschaft:**
  - Integrale Bewirtschaftung von Wasserressourcen;



- Nutzung der Landwirtschaftszone (Begehrlichkeiten weiterer Nutzer);
- Anpassung der rechtlichen Rahmenbedingungen (Konfliktbereich Tierschutz – Umweltschutz – Klimaschutz).
- **Wasserwirtschaft:**
  - Wasserbauliche Massnahmen vs. Siedlungsentwicklung und landwirtschaftliche Nutzung;
  - eingeschränkte / untersagte Wassernutzung vs. wirtschaftliche Nutzungsansprüche;
  - Gefahrenzonen vs. Siedlungsentwicklung;
  - Wasserentnahmen zu Kühlzwecken vs. Wasserentnahmen für die Bewässerung;
  - Gewässerschutz vs. Einfluss der (künftigen) Landwirtschaft auf Wasserqualität;
  - Gewässerschutz vs. Abwärme-Rückgaben in die Gewässer.
- **Energie<sup>197</sup>:**
  - Kühlkapazität für Grosskraftwerke vs. Wassernutzung für Bewässerung

Diese Zielkonflikte sollen innerhalb des politischen Entscheidungsprozesses diskutiert sowie neue Massnahmen bezüglich der Auswirkungen des Klimawandels in die aktuelle Politik integriert werden.

Zielkonflikte diskutieren

## 5.2 Handlungsbedarf

### 5.2.1 Allgemeiner Handlungsbedarf

Neben den in diesem Bericht dargestellten Einzelmassnahmen lässt sich der strategische Handlungsbedarf wie folgt zusammenfassen:

1. **Anpassungsziele definieren und priorisieren:** Basierend auf einer ersten Standortbestimmung im Rahmen dieses Projektes geht es im nächsten Schritt darum, die Ziele der Anpassung zu definieren, zu priorisieren sowie gleichgerichtete Ziele und Zielkonflikte mit anderen Bereichen anzugehen. Gleichzeitig sind die rechtlichen Rahmenbedingungen bezüglich Anpassungsstrategien zu prüfen.
2. **Beurteilung und Berücksichtigung Lastfall Klimawandel:** Der Berücksichtigung des Überlastfalls muss bei der Planung und Realisierung baulicher Massnahmen vor dem Kontext der Klimaänderung vermehrt Beachtung geschenkt werden. Konstruktive Massnahmen (bspw. im

Zielkonflikte und rechtliche Rahmenbedingungen

Überlastbar und nachrüstbar

<sup>197</sup> Massnahmen zur Senkung des CO<sub>2</sub>-Ausstosses sind nicht Gegenstand des Berichtes entsprechend sind auch keine Zielkonflikte mit anderen Politikbereichen ausgewiesen.

- Hochwasserschutz) sind so anzulegen, dass sie im Extremfall überlastbar sind. Oder sie sind so vorzubereiten, dass sie später problemlos nachgerüstet werden können.
- Langfristige Schäden minimieren
3. **Wahl optimaler Strategien:** Unabhängig vom Bereich wird es künftig darum gehen, Strategien zu wählen, bei denen der maximal mögliche Schaden am kleinsten ist, sich langfristige Schäden also minimieren lassen (Minimax-Strategie).
- Grenzen festlegen
4. **Umgang mit Naturgefahren:** Alle Massnahmen haben ihre gesellschaftlichen, politischen und wirtschaftlichen Grenzen. Räume, wo sich Menschenleben und Sachwerte nicht mehr mit vernünftigem Aufwand schützen lassen, sollen wieder der Natur oder der Landwirtschaft überlassen werden.
- Massnahmen abstimmen
5. **Interdisziplinäre Abstimmung von Massnahmen:** Wegen dem interdisziplinären Charakter vieler Massnahmen und wegen möglicher Zielkonflikte sollen diese nicht nur fachlich, sondern auch amtsübergreifend integral abgestimmt werden. Gerade der Kontext 'Landwirtschaft – Wasserwirtschaft – Energiewirtschaft' wird institutionell häufig zu wenig integral betrachtet, weil die entsprechenden Fachgebiete in der öffentlichen Hand meist bei unterschiedlichen Ämtern angesiedelt sind. Naturgemäss bestehen zwischen diesen Bereichen jedoch ausgeprägte Abhängigkeiten, wie etwa das Beispiel Wassernutzungskonflikte zeigt.
- Handlungsbedarf frühzeitig erkennen
6. **Informationsaustausch:** Die Schlüsselakteure sollen durch Information und verstärkte Koordination in die Lage versetzt werden, durch ein regelmässiges Monitoring Handlungsbedarf frühzeitig zu erkennen, um bei Ereignissen optimal und koordiniert zu reagieren und damit Folgekosten zu minimieren.
- Vorsorgliche Massnahmen treffen
7. **Grenzen der Vorhersage:** Der Bericht gibt den gegenwärtigen Stand der Erkenntnisse zum Klimawandel wieder. Auch wenn Wissenschaftler noch Jahrzehnte über die genauen Ursachen der Klimaänderung forschen und diskutieren können und sich Trends von Extremereignissen statistisch nur sehr schwierig nachweisen lassen: Die Entscheidungsträger sind heute gefordert, vorsorgliche Massnahmen zu treffen. Klimaprognosen haben ihre Grenzen und dennoch sollen sinnvolle Massnahmen der öffentlichen Hand im Sinne einer strategischen Anpassung bereits heute getroffen werden. Praktisch noch keine Forschung gibt es hingegen im Zusammenhang mit Anpassungsmassnahmen/-strategien. Hier sind entsprechende Wissenslücken noch gezielt zu schliessen.
- AWEL und IBK in der Vorreiterrolle
8. **Plattform Klimawandel und Klimakommunikation:** Weil die Auswirkungen des Klimawandels interdisziplinär sind, braucht es für Fragen im Zusammenhang mit dem Klimawandel (und v. a. dem Wasserhaushalt) die übergeordnete Sichtweise im Sinne einer 'Plattform Klimawandel'. Dessen Aufgabe wäre der kontinuierliche Transfer neuer Erkenntnisse aus dem Bereich Klimaforschung nicht nur in die einzelnen Ämter und Fachstellen, sondern auch in die Öffentlichkeit sowie die fachliche Vernetzung der involvierten Amtsstellen. Die Plattform Klimaschutz und Energie kann dabei für den IBK-Raum eine wichtige Rolle übernehmen.

9. **Forschung und Entwicklung sowie Modellierung des regionalen Klimawandels:** Bezüglich der regionalen Auswirkungen des Klimawandels besteht weiter das Bedürfnis nach raum-zeitlich höher aufgelösten Prognosen der Folgen des Klimawandels und insbesondere der Änderungen im hydrologischen Kreislauf.

Genauere Prognosen und Überlastfaktoren

### 5.2.2 Spezifischer Handlungsbedarf

Neben den in diesem Bericht dargestellten Einzelmassnahmen lässt sich der spezifische Handlungsbedarf in Tabelle 26 wie folgt zusammenfassen:

Bereich	Bisherige Strategie/Massnahmen	Allfälliger Handlungsbedarf aufgrund zu erwartender Auswirkungen des Klimawandels
Landökosysteme	Biodiversität	
	Naturschutz-Gesamtkonzept	Vergrösserung und Vernetzung von Naturschutzgebieten und naturnahen Flächen Förderung einer integrativen Landnutzung
	Wald	
	Aufbau von Mischwäldern	Bewirtschaftung von Steillagen und entlang von Gewässern sicherstellen
Landwirtschaft		Regelung der Entnahme von Bewässerungswasser
Wasserwirtschaft	Hochwasser	
	Nachhaltiger Hochwasserschutz	Ausreichend Reserven für künftige Entwicklung vorsehen und um Unsicherheiten vorzubeugen
	Gewässerökologie	
		Zielkonflikte mit Landwirtschaft und Energie bereinigen
	Wasserversorgung	
	Trinkwasserverbünde	Zusammenschlüsse von Wasserversorgungen in schlecht vernetzten Gebieten
	Abwasserentsorgung	
		Handlungsbedarf bei Hoch- (Management des Abwassers) und Niedrigwasser (Management Verdünnungsverhältnis)
Gesundheit		Monitoring gesundheitsrelevanter Auswirkungen des Klimawandels
Energie		Anpassung der Strategien der Elektrizitätswerkbetreiber und für die Bewirtschaftung der Stauseen, Zielkonflikte mit Wasserwirtschaft und Landwirtschaft bereinigen
Bauten und Infrastrukturen		Raumplanerische Massnahmen, Objektschutz, Normen/-vorschriften kontinuierlich anpassen
Versicherungen		Gesellschaftliche/politische Rahmenbedingungen schaffen, um Folgen von Extremereignissen zu

Tabelle 26: Handlungsbedarf nach Bereichen

Bereich	Bisherige Strategie/Massnahmen	Allfälliger Handlungsbedarf aufgrund zu erwartender Auswirkungen des Klimawandels
		minimieren Berücksichtigung von Unsicherheitsmargen bei Risikoanalysen

### 5.2.3 Monitoring

'Issue Management  
Klimawandel'

Generell führt der Klimawandel zu einer Zunahme von Unsicherheiten und zu einer kontinuierlichen und damit dynamischen Beurteilung klimabedingter Risiken. Gleichzeitig steht die Dokumentation des Umgangs mit den Auswirkungen des Klimawandels erst am Anfang und muss künftig noch verstärkt ausgebaut werden. Im Sinne eines 'Issue Managements Klimawandel' werden deshalb leistungsfähige Monitoringsysteme nötig sein:

Neue Erkenntnisse in  
Handlungsstrategien integrieren

- **Monitoring Entwicklungen Klimawandel:** Obwohl der vierte Klimabericht der UNO heute davon ausgeht, dass die globale Erwärmung sehr wahrscheinlich primär durch den beobachteten Anstieg der anthropogenen Treibhausgaskonzentrationen in der Atmosphäre verursacht wird, gibt es dennoch Unsicherheiten bezüglich der weiteren Entwicklung der regionalen Auswirkungen des Klimawandels. Auch nach dem aktuellen Klimabericht der UNO gilt es also, neue Beobachtungen und Erkenntnisse aus der Klimaforschung kontinuierlich zu verfolgen und prospektiv in Handlungsstrategien zu integrieren.

Maxima und Minima beobachten

- **Monitoring des Wasserkreislaufes:** Der Wasserkreislauf wird sich tendenziell unter veränderten Klimabedingungen intensivieren (Verstärkung der Maxima und Minima). Aus diesem Grunde sind Änderungen des Wasserhaushaltes besonders intensiv zu beobachten.

## Literaturverzeichnis

- [1] Abegg, B., et al., 2007. Climate change impacts and adaptation in winter tourism. In: Agrawala3 Shardul (Hg.): Climate change in the European Alps: adapting winter tourism and natural hazards management, OECD report, p. 25-60 plus annex, Paris, France.
- [2] Aebischer, B., Catenazzi, G., 2007. Energieverbrauch der Dienstleistungen und der Landwirtschaft. Ergebnisse der Szenarien I bis IV. Bundesamt für Energie, Bern, Schweiz.
- [3] Arbeitsgemeinschaft Ecoplan/SigmaPlan, 2007. Auswirkungen der Klimaänderung auf die Schweizer Volkswirtschaft (nationale Einflüsse). Bundesamt für Umwelt BAFU und Bundesamt für Energie BFE, [\[www.bafu.admin.ch/klima/00509/00511/index.html?lang=de\]](http://www.bafu.admin.ch/klima/00509/00511/index.html?lang=de), Bern, Schweiz.
- [4] Arbeitsgemeinschaft INFRAS / Ecologic / Rütter + Partner, 2007. Auswirkungen auf die Schweizer Volkswirtschaft (internationale Einflüsse). Bundesamt für Umwelt BAFU, [\[www.bafu.admin.ch\]](http://www.bafu.admin.ch), Bern, Schweiz.
- [5] Arbeitsgemeinschaft INFRAS / EPFL / HERSENER / MERITEC / Umwelt- und Kompostberatung, 2004. Potenziale zur energetischen Nutzung von Biomasse in der Schweiz. Bundesamt für Energie BFE, [\[www.bfe.admin.ch\]](http://www.bfe.admin.ch), Bern, Schweiz.
- [6] Bader, S., Bantle, H., 2004. Das Schweizer Klima im Trend. Temperatur- und Niederschlagsentwicklung 1864-2001. Veröffentlichung der MeteoSchweiz, Nr. 68, Zürich, Schweiz.
- [7] Bayerische Staatsregierung, 2007. Klimaprogramm Bayern 2020 – Minderung von Treibhausgasen, Anpassung an den Klimawandel, Forschung und Entwicklung. Bayerisches Staatsministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz (StMUGV), München, Deutschland.
- [8] Bundesamt für Wasser und Geologie, 2000. Hochwasser 1999 – Analyse der Ereignisse. Studienbericht Nr. 10, Biel, Schweiz.
- [9] Bezzola G. R., Hegg C. (Ed.), 2007. Ereignisanalyse Hochwasser 2005, Teil 1 – Prozesse, Schäden und erste Einordnung. Bundesamt für Umwelt BAFU, Eidgenössische Forschungsanstalt WSL. Umwelt-Wissen Nr. 0707, Bern, Schweiz.
- [10] Birsan, M. V., Molnar, P., Pfändler, M., Burlando, P., 2004. Trends in schweizerischen Abflussreihen. Wasser Energie Luft, 1/2:29-38.

- [11] Flückiger, W., Braun, S. et al., 2004. Wie geht es unserem Wald? Ergebnisse aus Dauerbeobachtungsflächen von 1984 bis 2004 (Bericht 2). Institut für Angewandte Pflanzenbiologie (IAP), Schönenbuch, Schweiz.
- [12] Frei, C., Schär, C., 2001. Detection probability of trends in rare events: Theory and application to heavy precipitation in the Alpine Region. *J. Clim.*, 14:1568-1584.
- [13] Frei, C., Schöll, R., Fukutome, S., Schmidli, J., Vidale, P. L., 2006. Future change of precipitation extremes in Europe: Intercomparison of scenarios from regional climate models. *J. Geophys. Res.*, 111, D06105, doi:10.1029/2005JD005965.
- [14] Grize, L., Huss, A., Thommen, O., Schindler, Ch., Braun-Fahrländer, Ch., 2005. Heat wave 2003 and mortality in Switzerland. *Swiss Medical Weekly*, 135:200-205.
- [15] Hilker, N., Hegg, Ch., 2007. Unwetterschaden-Datenbank. Newsletter-Naturgefahren der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL, [[www.slf.ch/newsletter/Newsletter\\_09\\_2007.pdf](http://www.slf.ch/newsletter/Newsletter_09_2007.pdf)], Birmensdorf, Schweiz.
- [16] Hirschberg, S., Bauer, C., Burgherr P., Biollaz, S., Durisch, W., Foskolos, K., Hardegger, P., Meier, A., Schenler, W., Schulz, T., Stucki, S., Vogel, F., 2005. Ganzheitliche Betrachtung von Energiesystemen. Neue erneuerbare Energien und neue Nuklearanlagen: Potenziale und Kosten. PSI-Bericht Nr. 05-04, Villigen, Schweiz.
- [17] Hofer, P., 2007. Der Energieverbrauch der privaten Haushalte 1990-2035. Ergebnisse der Szenarien Ia Trend und Ib Trend und der Sensitivitäten Preise hoch, BIP hoch und Klima wärmer. Bundesamt für Energie, Bern, Schweiz.
- [18] International Energy Agency IEA, 2004. World Energy Outlook [[www.worldenergyoutlook.org](http://www.worldenergyoutlook.org)].
- [19] IPCC, 2007. Climate Change 2007, The Physical Science Basis, Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the IPCC, Cambridge University Press.
- [20] IPCC, 2007. Climate Change 2007, The Physical Science Basis, Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the IPCC, Cambridge University Press.
- [21] IPCC, 2007. Climate Change 2007, The Physical Science Basis, Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the IPCC, Cambridge University Press.
- [22] KLARA, 2007. Klimawandel – Auswirkungen, Risiken, Anpassung. PIK Report No. 99. Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung, Potsdam, Deutschland.
- [23] KLIWA Klimaveränderung und Wasserwirtschaft, 2006. Unser Klima verändert sich, Folgen – Ausmass – Strategien, Auswirkungen auf die Wasserwirtschaft in Süddeutschland. LUBW Landes-

- stalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz (Karlsruhe) und Bayerisches Landesamt für Umwelt LfU (Augsburg), Deutschland.
- [24] Kommission der europäischen Gemeinschaften, 2007. Gröndbuch der Kommission an den Rat, das Europäische Parlament, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen: Anpassung an den Klimawandel in Europa – Optionen für Massnahmen der EU, KOM(2007) 354, Brüssel, Belgien.
- [25] Kommission Hochwasserschutz im Schweizerischen Wasserwirtschaftsverband (KOHS), 2007. Auswirkungen der Klimaänderung auf den Hochwasserschutz in der Schweiz. Wasser Energie Luft, 99. Jahrgang, Heft 1, Baden, Schweiz.
- [26] Körner, Ch., 2004. Mountain biodiversity, its causes and function. In: *Ambio*, Special Report 13, 11-17.
- [27] Körner, Ch., Asshoff, R., Bignucolo, O., Hättenschwiler, S., Keel, S. G., Pelaez-Riedl, S., Pepin, S., Siegwolf, R. T. W., and Zotz, G., 2005. Carbon flux and growth in mature deciduous forest trees exposed to elevated CO<sub>2</sub>. *Science*, 309:1360-1362.
- [28] Laternser, M., Schneebeli, M., 2003. Long-term snow climate of the Swiss Alps (1931-99). *Int. J. Climatol.*, 23:733-750.
- [29] Menzel, A. et al., 2006. European phenological response to climate change matches the warming pattern. *Global Change Biology*, 12(10):1969-1976.
- [30] MeteoSchweiz, 2006. Starkniederschlagsereignis August 2005, Arbeitsberichte der MeteoSchweiz, 211, Zürich, Schweiz.
- [31] Meyer, L. H., Roser, D., 2007. Intergenerationelle Gerechtigkeit – Die Bedeutung von zukünftigen Klimaschäden für die heutige Klimapolitik. [[www.bafu.admin.ch/klima/00509/00511/index.html?lang=de](http://www.bafu.admin.ch/klima/00509/00511/index.html?lang=de)], Bern, Schweiz.
- [32] North, N., Kljun, N., Kasser, F., Heldstab, J., Maibach, M., Reutimann, J., Guyer, M., 2007. Klimaänderung in der Schweiz. Indikatoren zu Ursachen, Auswirkungen, Massnahmen. Umwelt-Zustand Nr. 0728. Bundesamt für Umwelt, Bern, Schweiz.
- [33] OcCC, 2003. Extremereignisse und Klimaänderung. ProClim – Forum for Climate and Global Change (Forum of the Swiss Academy of Sciences), Bern, Schweiz.
- [34] OcCC, 2003. Hitzesommer 2003, Synthesebericht. ProClim – Forum for Climate and Global Change (Forum of the Swiss Academy of Sciences), Bern, Schweiz.
- [35] OcCC, 2007. Klimaänderung und die Schweiz 2050, Erwartete Auswirkungen auf Umwelt, Gesellschaft und Wirtschaft. ProClim – Forum for Climate and Global Change (Forum of the Swiss Academy of Sciences), Bern, Schweiz.

- [36] Ostendorp, W. et al., 2007. Auswirkungen des globalen Klimawandels auf den Bodensee. Schriften des Vereins für die Geschichte des Bodensees und seiner Umgebung, Bd. 125:199-244.
- [37] Quadrelli, R., Lazzeri, M., Cacciamani, C., Tibaldi, S., 2001. Observed winter Alpine precipitation variability and links with large-scale circulation patterns. *Climate Research*, 17:275-284.
- [38] Rhyner, J., 2007. Bericht: OWARNA – Zuverlässige Warnung der Bevölkerung vor Naturgefahren. Newsletter-Naturgefahren der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL, [[www.slf.ch/newsletter/Newsletter\\_09\\_2007.pdf](http://www.slf.ch/newsletter/Newsletter_09_2007.pdf)], Birmensdorf, Schweiz.
- [39] Sanchez-Penzo, S., Rapp, J., 1997. Statistische Untersuchung langfristiger Veränderungen des Niederschlags in Baden-Württemberg. *Handbuch Wasser 2*, Bd. 42, Karlsruhe, Deutschland.
- [40] Seneviratne, S. I., Luethi, D., Litschi, M., Schär, C., 2006. Land-atmosphere coupling and climate change in Europe. *Nature*, 443:205-209.
- [41] Schädler, B., Frei, C., Grebner, D., Willi, H. P., 2007. Grundlagen zum Klima. *Wasser Energie Luft*, 99. Jahrgang, Heft 1, Baden, Schweiz.
- [42] Schär, C., Vidale, P. L., Lüthi, D., Frei, C., Häberli, C., Liniger, M. A., Appenzeller, C., 2004. The role of increasing temperature variability for European summer heat waves. *Nature*, 427:332-336.
- [43] Schmidli, J., Frei, C., 2005. Trends of heavy precipitation and wet and dry spells in Switzerland during the 20<sup>th</sup> century. *Int. J. Climatol.*, 25:753-771.
- [44] Swiss Re (Hg.), 2006. Folgen der Klimaveränderung: Mehr Sturmschäden in Europa. Schweizerische Rückversicherungsgesellschaft, [[www.swissre.com/internet/pwsfilpr.nsf/vwFilebyIDKEYLu/ULUR-6PLCN4/\\$FILE/Publ06\\_Klimaveraenderung\\_de.pdf](http://www.swissre.com/internet/pwsfilpr.nsf/vwFilebyIDKEYLu/ULUR-6PLCN4/$FILE/Publ06_Klimaveraenderung_de.pdf)], Zürich, Schweiz.
- [45] Thommen, O., 2005. Direkte und indirekte Auswirkungen der Klimaänderung auf die Gesundheit. Universität Basel, Institut für Sozial- und Präventivmedizin, [[www.apug.ch/files/Hitzewelle-Files/Studie\\_d.pdf](http://www.apug.ch/files/Hitzewelle-Files/Studie_d.pdf)], Basel, Schweiz.
- [46] Widmann, M., Schär, C., 1997. Principal component and long-term trend-analysis of daily precipitation in Switzerland. *Int. J. Climatol.*, 17:1333-1356.



## A1 Temperaturszenarien des vierten Klimaberichtes der UNO

Szenario (CO <sub>2</sub> -Äquivalent-Konzentrationen in ppm)	Projizierte mittlere globale Erwärmung an der Erdoberfläche (in °C, für 2090-2099, gegenüber 1980-1999)	
	beste Schätzung	wahrscheinliche Bandbreite
<b>Konstante Konzentration wie im Jahr 2000</b>	0.6	0.3-0.9
<b>B1</b> (600)	1.8	1.1-2.9
<b>A1T</b> (700)	2.4	1.4-3.8
<b>B2</b> (800)	2.4	1.4-3.8
<b>A1B</b> (850)	2.8	1.7-4.4
<b>A2</b> (1250)	3.4	2.0-5.4
<b>A1FI</b> (1550)	4.0	2.4-6.4

Tabelle 27: Projektionen der künftigen globalen Erwärmung [19]

## A2 Sprachkonventionen nach IPCC

Tabelle 28: Sprachkonventionen  
(kalibrierte Sprache) nach IPCC  
für Vertrauensniveaus und  
Eintretenswahrscheinlichkeiten  
[19]

Terminologie	Vertrauensniveau	Eintretenswahrscheinlichkeit
<b>Quantitative Konvention für Vertrauensniveaus</b>		
Sehr hohes Vertrauen	> 90%	
Hohes Vertrauen	80%	
Mittleres Vertrauen	50%	
Tiefes Vertrauen	20%	
Sehr tiefes Vertrauen	< 10%	
<b>Wahrscheinlichkeitsstufen</b>		
Praktisch sicher		> 99%
Sehr wahrscheinlich		> 90%
Wahrscheinlich		> 66%
Mittlere Wahrscheinlichkeit		33% - 66%
Unwahrscheinlich		< 33%
Sehr unwahrscheinlich		< 10%
Extrem unwahrscheinlich		< 1%

## A3 Involvierte Fachstellen

Fachstelle	Abteilung	Fachperson	Kanton, Land	Bemerkungen
<b>Kanton Zürich</b>				
<b>Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft (AWEL)</b>	Abteilung Gewässerschutz, Sektionen: Abwasserreinigungsanlagen Grundwasser und Wasserversorgung Oberflächengewässerschutz Siedlungsentwässerung	Markus Koch (Sektionsleiter) Hanspeter Gehring (Sektionsleiter) Pius Niederhauser (Wissenschaftlicher Mitarbeiter) Hans Häusermann (Sektionsleiter)	Kanton Zürich	Bereich Wasserwirtschaft (Kapitel 4.5)
<b>Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft (AWEL)</b>	Abteilung Lufthygiene	Hansjörg Sommer (Abteilungsleiter)	Kanton Zürich	Bereich Gesundheit (Kapitel 4.6)
<b>Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft (AWEL)</b>	Abteilung Wasserbau	Gerhard Stutz (Abteilungsleiter)	Kanton Zürich	Bereich Wasserwirtschaft (Kapitel 4.5.2)
<b>Amt für Landschaft und Natur (ALN)</b>	Abteilung Wald	Hans-Peter Stutz (Sektionsleiter)	Kanton Zürich	Bereich Wald (Kapitel 4.3.2)
<b>Amt für Landschaft und Natur (ALN)</b>	Fachstelle Bodenschutz (FaBo)	Thomas Wegelin	Kanton Zürich	Rückmeldung: "Aus Sicht Bodenschutz sind keine genügend fundierten Antworten möglich. Die FaBo verzichtet deshalb auf eine Beantwortung."
<b>Amt für Landschaft und Natur (ALN)</b>	Fachstelle Naturschutz, Bereich Arten- und Biotopenschutz	Ursina Wiedmer (Bereichsleiterin)	Kanton Zürich	Bereich Landökosysteme (Kapitel 4.3)
<b>Amt für Landschaft und Natur (ALN)</b>	Abteilung Landwirtschaft	Fritz Zollinger (Abteilungsleiter)	Kanton Zürich	Bereich Landwirtschaft (Kapitel 4.4)
<b>Kanton Schaffhausen</b>				
<b>Amt für Lebensmittelkontrolle und Umweltschutz</b>		Kurt Seiler (Dienststellenleiter)	Kanton Schaffhausen	Alle Bereiche (Kapitel 4.3 - 4.9)
<b>Kanton Thurgau</b>				
<b>Amt für Umwelt des Kantons Thurgau</b>		Erich Müller (Amtschef / Vorsitzender der IBK-Kommission)	Kanton Thurgau	Alle Bereiche (Kapitel 4.3 - 4.9)
<b>Bayern</b>				
<b>Bayerisches Staatsministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz</b>	Referat Klimaschutz	Tanja Gschlöbl (Referentin)	Bayern	alle Bereiche (Kapitel 4.3 - 4.9)
<b>Baden-Württemberg</b>				
<b>Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW)</b>		Vassilis Kolokotronis (kommissarischer Sachgebietsleiter) Werner Franke (Referatsleiter)	Baden-Württemberg	alle Bereiche (Kapitel 4.3 - 4.9)
<b>Liechtenstein</b>				

Tabelle 29: Involvierte Fachstellen der öffentlichen Hand, die sich an Fragebogen-Umfrage beteiligt haben.

Fachstelle	Abteilung	Fachperson	Kanton, Land	Bemerkungen
<b>Amt für Umweltschutz</b>		Sven Bürzle (Abfall und Boden) Theodor Banzer (Tankanlagen) Egon Hilbe (Wasserwirtschaft)	Liechtenstein	Bereich Bauten und Infrastrukturen (Kapitel 4.9.2) Bereich Wasserwirtschaft (Kapitel 4.5)
<b>Amt für Wald, Natur und Landschaft</b>		Stephan Wohlwend (Abteilungsleiter Naturgefahren, Berggebiets-sanierung)	Liechtenstein	Bereich Landökosysteme (Kapitel 4.3), Wasserwirtschaft (Kapitel 4.5)
<b>Amt für Lebensmittelkontrolle</b>		Susanne Meier	Liechtenstein	Bereich Gesundheit (Kapitel 4.5 und 4.6)
<b>Amt für Gesundheit</b>		Esther Walser (Mitarbeiterin Abteilung öffentliche Gesundheit) Sabine Erne (Stv. Landesphysika)	Liechtenstein	Bereich Gesundheit (Kapitel 4.6)
<b>Landwirtschaftsamt</b>		Helmut Frick	Liechtenstein	Bereich Landwirtschaft (Kapitel 4.4)
<b>Hochbauamt</b>		Manfred Gsteu	Liechtenstein	Bereich Bauten und Infrastrukturen (Kapitel 4.9.1)
<b>Tiefbauamt</b>		Emanuel Banzer	Liechtenstein	Bereich Bauten und Infrastrukturen (Kapitel 4.9.2)
<b>Liechtenstein Tourismus</b>		Roland Büchel (Geschäftsführer)	Liechtenstein	Bereich Tourismus (Kapitel 4.7)
<b>Voralberg</b>				
<b>Amt der Voralberger Landesregierung</b>	Abteilung Wasserwirtschaft	Clemens Mathis	Voralberg	Bereich Wasserwirtschaft (Kapitel 4.5.2)

## A4 Organisationen und Institutionen

Organisation / Institution	Link
<b>International</b>	
UN Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)	<a href="http://www.ipcc.ch">www.ipcc.ch</a>
United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC)	<a href="http://unfccc.int">http://unfccc.int</a>
United Nations Environmental Program (UNEP)	<a href="http://www.unep.org/themes/climatechange/">www.unep.org/themes/climatechange/</a>
World Meteorological Organization	<a href="http://www.wmo.ch">www.wmo.ch</a>
EU	<a href="http://ec.europa.eu/environment/climat/home_en.htm">http://ec.europa.eu/environment/climat/home_en.htm</a>
Netzwerk Alpiner Schutzgebiete	<a href="http://www.alparc.org">www.alparc.org</a>
Past Global Changes (PAGES)	<a href="http://www.pages-igbp.org">www.pages-igbp.org</a>
Climate change, impacts and adaptation strategies in the Alpine Space (ClimChAlp)	<a href="http://www.climchalp.org">www.climchalp.org</a>
<b>Schweiz</b>	
<b>Klimaforschung</b>	
Institut für Atmosphäre für Atmosphäre und Klimawissenschaft ETH Zürich	<a href="http://www.iac.ethz.ch">www.iac.ethz.ch</a>
Abteilung für Klima- und Umweltphysik, Physikalische Institut der Universität Bern	<a href="http://www.climate.unibe.ch">www.climate.unibe.ch</a>
Institut für Integrative Biologie, Terrestrische Systemökologie, ETH Zürich	<a href="http://www.sysecol.ethz.ch">www.sysecol.ethz.ch</a>
National Centre of Competence in Research (NCCR) Climate	<a href="http://www.nccr-climate.unibe.ch">www.nccr-climate.unibe.ch</a>
Bundesamt für Meteorologie und Klimatologie (MeteoSchweiz)	<a href="http://www.meteoschweiz.admin.ch/web/de/klima/klimaaenderung.html">www.meteoschweiz.admin.ch/web/de/klima/klimaaenderung.html</a>
Oeschger Centre for Climate Change Research (Universität Bern)	-
<b>Plattformen und Foren</b>	
Forum for Climate and Global Change (ProClim)	<a href="http://www.proclim.ch">www.proclim.ch</a>
Beratendes Organ für Fragen der Klimaänderung (OCCC)	<a href="http://www.occc.ch">www.occc.ch</a>
Nationale Plattform Naturgefahren	<a href="http://www.planat.ch">www.planat.ch</a>
Nationales Klimaforum	<a href="http://www.climateforum.ch">www.climateforum.ch</a>
The Platform for Risk and Safety of the Swiss Agency for Development and Cooperation	<a href="http://www.riskandsafetynet.ch">www.riskandsafetynet.ch</a>
<b>Ämter</b>	
Bundesamt für Umwelt (BAFU)	<a href="http://www.bafu.admin.ch/klima/">www.bafu.admin.ch/klima/</a>
<b>Naturgefahren</b>	
Bundesamt für Umwelt (BAFU): Sicherheit vor Naturgefahren	<a href="http://www.umwelt-schweiz.ch/naturgefahren">www.umwelt-schweiz.ch/naturgefahren</a>
Bundesamt für Bevölkerungsschutz (BABS): Bewertung von Risiken	<a href="http://www.katarisk.ch">www.katarisk.ch</a>
Nationale Alarmzentrale (NAZ): Alarmierung der Bevölkerung	<a href="http://www.naz.ch">www.naz.ch</a>
Präventionsstiftung der kantonalen Gebäudeversicherungen: Die Gebäude besser schützen	<a href="http://www.praeventionsstiftung.ch">www.praeventionsstiftung.ch</a>
Schweizer Rückversicherung Swiss Re: Naturgefahren weltweit	<a href="http://www.swissre.ch">www.swissre.ch</a>
Internationale Regierungskommission Alpenrhein (IRKA) und die Internationale Rheinre-	<a href="http://www.alpenrhein.net">www.alpenrhein.net</a>

Tabelle 30: Organisationen und Institutionen im Bereich Klimawandel (Auswahl)

<b>Organisation / Institution</b>	<b>Link</b>
gulierung (IRR) über den Alpenrhein	
<b>Deutschland</b>	
Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung (PIK)	<a href="http://www.pik-potsdam.de">www.pik-potsdam.de</a>
Germanwatch	<a href="http://www.germanwatch.org">www.germanwatch.org</a>
Kooperationsvorhaben 'Klimaveränderung und Konsequenzen für die Wasserwirtschaft'	<a href="http://www.kliwa.de">www.kliwa.de</a>
Klimawandel – Auswirkungen, Risiken, Anpassung Baden-Württemberg (KLARA)	<a href="http://www.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/1454/">www.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/1454/</a>
<b>Österreich</b>	
Umweltbundesamt	<a href="http://www.umweltbundesamt.at/umweltschutz/klima/">www.umweltbundesamt.at/umweltschutz/klima/</a>
<b>Liechtenstein</b>	
Amt für Umweltschutz	<a href="http://www.llv.li/llv-aus-home">www.llv.li/llv-aus-home</a>

