



# Bericht über die Folgen des Klimawandels im Kanton Basel-Stadt

**Handlungsmöglichkeiten und Handlungsbedarf  
aufgrund der Klimaänderung in Basel-Stadt**

# Inhalt

<b>Vorwort</b>	<b>5</b>
<b>Zusammenfassung</b>	<b>6</b>
<b>Einleitung</b>	<b>10</b>
Methodik	11
Genauigkeit des Berichts	11
<b>1 Klimawandel und Auswirkungen</b>	<b>12</b>
1.1 Ursachen für den Klimawandel	14
1.1.1 Natürlicher Treibhauseffekt	16
1.1.2 Anthropogener Treibhauseffekt	16
1.1.3 Strahlungsantrieb und natürliche Klimaschwankungen	19
1.2 Globaler Klimawandel	20
1.3 Klimawandel in der Schweiz	24

1.3.1	Beobachtungen im 20. Jahrhundert	26	2.7.1	Ausgangslage	76
1.3.2	Szenario 2050	27	2.7.2	Klimafolgen – Auswirkungen und mögliche Massnahmen	77
<b>2</b>	<b>Klimafolgen: Handlungsbedarf und Massnahmen je Sektor</b>	<b>30</b>	2.7.3	Kosten und Dienststellen	79
	Vorgehensweise	32	2.8	Gebäude und Infrastruktur	80
2.1	Biodiversität	34	2.8.1	Ausgangslage	82
2.1.1	Ausgangslage	36	2.8.2	Klimafolgen – Auswirkungen und mögliche Massnahmen	82
2.1.2	Klimafolgen – Auswirkungen und mögliche Massnahmen	36	2.8.3	Kosten und Dienststellen	87
2.1.3	Kosten und Dienststellen	39	2.9	Stadtentwässerung	88
2.2	Wald	40	2.9.1	Ausgangslage	90
2.2.1	Ausgangslage	42	2.9.2	Klimafolgen – Auswirkungen und mögliche Massnahmen	90
2.2.2	Klimafolgen – Auswirkungen und mögliche Massnahmen	43	2.9.3	Kosten und Dienststellen	91
2.2.3	Kosten und Dienststellen	45	2.10	Luftqualität und Stadtklima	92
2.3	Landwirtschaft	46	2.10.1	Ausgangslage	94
2.3.1	Ausgangslage	48	2.10.2	Klimafolgen – Auswirkungen und mögliche Massnahmen	94
2.3.2	Klimafolgen – Auswirkungen und mögliche Massnahmen	48	2.10.3	Kosten und Dienststellen	99
2.3.3	Kosten und Dienststellen	53	2.11	Gesundheit	100
2.4	Fliessgewässer und Gewässerökologie	54	2.11.1	Ausgangslage	102
2.4.1	Ausgangslage	56	2.11.2	Klimafolgen – Auswirkungen und mögliche Massnahmen	102
2.4.2	Klimafolgen – Auswirkungen und mögliche Massnahmen	56	2.11.3	Kosten und Dienststellen	105
2.4.3	Kosten und Dienststellen	61	<b>Synthese</b>		<b>106</b>
2.5	Grundwasser	62		Identifikation von Schnittstellen – Synergien und Interessenskonflikte	106
2.5.1	Ausgangslage	64		Kantonsspezifische Massnahmen mit prioritärem Handlungsbedarf	108
2.5.2	Klimafolgen – Auswirkungen und mögliche Massnahmen	64		Kostenübersicht	110
2.5.3	Kosten und Dienststellen	67	<b>Anhang</b>		<b>112</b>
2.6	Trinkwasser	68		Abkürzungen	113
2.6.1	Ausgangslage	70		Glossar	114
2.6.2	Klimafolgen – Auswirkungen und mögliche Massnahmen	70		Literatur	116
2.6.3	Kosten und Dienststellen	73		Impressum	117
2.7	Rheinschifffahrt	74			



# Vorwort

An der 16. UNO-Klimakonferenz vom 11. Dezember 2010 in Cancun einigten sich die 194 Vertragsparteien der Klimakonvention auf das 2°C Ziel. Damit wollen sie ihre Anstrengungen zur Vermeidung des Treibhausgasausstosses verstärken, so dass die Klimaerwärmung im globalen Mittel nicht mehr als 2°C gegenüber der vorindustriellen Zeit betragen soll.

Infolge der langen Verweildauer von CO<sub>2</sub> in der Atmosphäre sind die derzeitigen weltweiten CO<sub>2</sub>-Emissionen pro Jahr grösser als ihr natürlicher Abbau. Die CO<sub>2</sub>-Konzentration in der Atmosphäre nimmt somit laufend zu. Dies bedeutet, dass selbst bei einer konstanten jährlichen Emission aller Treibhausgase auf dem Niveau des Jahres 2000 die Temperatur nicht konstant bleibt, sondern um rund 0,1°C pro Jahrzehnt ansteigt. Für das 2°C Ziel wäre in dessen eine globale Treibhausgasreduktion um 50 bis 80% gegenüber 1990 nötig.

Aufgrund der Strömungen in der Atmosphäre und in den Ozeanen ist die Verteilung der Wärmeenergie nicht in allen Regionen der Erde gleich. Ein Temperaturanstieg verläuft somit nicht in allen Erdteilen gleichmässig. Dies gilt auch für die Schweiz: Die globale

Durchschnittstemperatur hat in den letzten 100 Jahren (1906–2005) um 0,74°C zugenommen, in der Schweiz hingegen um 1,5°C. Somit wird die Temperatur in der Schweiz vermutlich über das 2°C Ziel ansteigen.

Bereits heute vergeht kein Monat, ohne dass uns Nachrichten aus allen Erdteilen über verheerende Naturkatastrophen und bisher noch nie eingetretene Naturereignisse erreichen: Überschwemmungen in Pakistan und Australien, Wirbelstürme, schmelzendes Packeis etc. Vor diesem Hintergrund und in Anbetracht der global gesehen zögerlichen Klimapolitik sind dringend Massnahmen zur Senkung der Treibhausgase erforderlich. Da aber die bereits laufende Klimaerwärmung nicht von heute auf morgen gestoppt werden kann, ist der Klimawandel nicht mehr zu verhindern. Es fragt sich nur noch, wie weit er geht und welche Folgen er hat. Aus diesem Grund hat der Regierungsrat des Kantons Basel-Stadt beschlossen, einen «Klimafolgenbericht» sowie einen «Klimaschutzbericht» zu erstellen. Mit dieser Doppelstrategie – Adaptation und Prävention – übernimmt der Regierungsrat Verantwortung und setzt Wegzeichen für eine lokale Klimapolitik.

Der vorliegende Klimafolgenbericht diskutiert die Auswirkungen des Klimawandels für den Kanton Basel-Stadt und zeigt den allfälligen Handlungsbedarf auf. In einem zweiten «Klimaschutzbericht» werden zusätzlich die gegenwärtigen und künftigen Emissionen klimarelevanter Gase bilanziert und Massnahmen für eine klimaverträgliche Politik in Richtung 2000-Watt-Gesellschaft erörtert. Dieser «Klimaschutzbericht» erscheint voraussichtlich Ende 2011.

Im Namen des Regierungsrats:



Dr. Guy Morin  
Regierungspräsident



Christoph Brutschin  
Vorsteher des Departements für  
Wirtschaft, Soziales und Umwelt

# Zusammenfassung

Der vorliegende Klimafolgenbericht des Kantons Basel-Stadt zeigt die zu erwartenden Klimafolgen im Jahr 2050 auf und gibt einen Überblick über den Handlungsbedarf und über mögliche Massnahmen. Bis zum Jahr 2050 wird die Klimaänderung noch weitgehend unabhängig von den weltweiten Massnahmen zur Emissionsminderung verlaufen. Aufgrund der langen Verweildauer von CO<sub>2</sub> in der Atmosphäre werden sich die unterschiedlichen emissionsmindernden Massnahmen erst langfristig auswirken.

Als Datengrundlage für die zu erwartende Klimaänderung in der Region Basel dienen die mittleren Schätzungen der Klimaszenarien des Berichts «Klimaänderung und die Schweiz 2050» des beratenden Organs für Fragen der Klimaänderung des Bundes. Dabei wird von einer durchschnittlichen Erwärmung um 2°C im Herbst, Winter und Frühjahr und einer Erwärmung von 3°C im Sommer bis im Jahr 2050 gegenüber heute ausgegangen. Die Niederschlagsmengen werden im Winter um rund 10% zu- und im Sommer um rund 20% abnehmen. Allgemein ist mit einer Häufung von Extremereignissen, wie Hitzewellen, Trockenperioden, Starkniederschlägen und Überschwemmungen, zu rechnen.

Aufgrund der Analysen der kantonalen Fachstellen zeigt der Bericht mögliche Folgen des Klimawandels auf. Daraus werden der Handlungsbedarf und mögliche Massnahmen für den Kanton Basel-Stadt ausgewiesen.

## **Klimafolgen mit prioritärem Handlungsbedarf und kantonsspezifischen Massnahmen**

Der Sektor *Fliessgewässer und Gewässerökologie* wird vor allem durch die steigende Gewässertemperatur infolge der Klimaerwärmung negativ beeinflusst. Während den Sommermonaten wird sich die Situation für den Rhein aufgrund der industriellen und gewerblichen Nutzung zu Kühlzwecken zusätzlich verschärfen. Eine Lösung für die Gewährleistung des Kühlbedarfs ohne Flusswasser während Hitzeperioden ist somit dringend.

Künftig ist verstärkt auf eine Wiederverwertung der Abwärme von Anlagen für andere auf Wärme angewiesene Prozesse zu achten. Technische Anlagen sind im Hinblick auf die Reduktion des Kühlbedarfs zu optimieren. Bereits heute brauchen einige Firmen auch Grund- und Brauchwasser (Trinkwasser) zu Kühlzwecken. Die Verwendung von Trinkwasser ist vor dem Hintergrund der nachhaltigen Wassernutzung nicht unumstritten. Um die Möglichkeiten und Grenzen der Grundwassernutzung abzuklären, muss zwingend eine kantonale Strategie erarbeitet werden, die den Wasserkreislauf ganzheitlich erfasst und die verschiedenen Interessen gegeneinander abwägt.

Im Sektor *Grundwasser* sind mit der Klimaerwärmung durch die Veränderung der Niederschlagshäufigkeit und der Verdunstungsrate Veränderungen im Grundwasserangebot zu erwarten. Auch der seit einigen Jahren beobachtete Anstieg der Grundwassertemperatur ist teilweise auf die Klimaerwärmung zurückzuführen. Unklar ist, wie stark die genannten Veränderungen im Grundwasser durch natürliche Faktoren der Klimaerwärmung (z.B. Niederschlagshäufigkeit, Verdunstungsrate, Lufttemperatur) oder durch anthropogene Faktoren (z.B. Kellerbauten, Wassernutzungen, Versiegelungen) beeinflusst werden. Die Ursachen und die Dynamik der Veränderung der Grundwassertemperatur und der Grundwasserneubildung sind deshalb zu erkunden. Darauf abgestützt sind Lösungen für die Interessenskonflikte zu erarbeiten und Massnahmen zu priorisieren.

*Sektor Trinkwasser:* Aufgrund des Klimawandels sind häufiger Hitze- und Trockenperioden im Sommer zu erwarten. Während Hitze- und Trockenperioden vermindert sich die Wasserführung des Rheins, wodurch die von den Kläranlagen abgegebenen Restfrachten weniger verdünnt werden und die Schadstoffkon-

zentrationen schneller in den Bereich der Grenzwerte ansteigen. Bei Alarmwerten wird die Versickerung von Rheinwasser in den Langen Erlen unterbrochen. Die fehlende Trinkwassermenge kann meistens durch die Hardwasser AG kompensiert werden, deren Rohwasserentnahme oberhalb der Kläranlagen liegt. Fallen Alarmwerte mit erhöhtem Wasserbedarf zusammen, sind Trinkwasserengpässe nicht ausgeschlossen. Die Trinkwasserversorgung als Brauchwasser im Industriesektor sowie zur Bewässerung von Parkanlagen und Gärten kann in dieser Zeit nicht mit Sicherheit gewährleistet werden. Zusätzlich bergen infolge des Klimawandels häufigere und stärkere Hochwasser die Gefahr einer Verunreinigung der Gewässerschutzzone der Langen Erlen und damit auch der Trinkwasserversorgung.

Die Industriellen Werke Basel erstellen derzeit eine Studie zur Wasserversorgung 2030, welche u.a. verschiedene Möglichkeiten einer redundanten Rheinwasserentnahme prüft. Damit würden Unterbrüche der Rheinwasserversickerung in den Langen Erlen deutlich verringert. Ferner werden gewässerbauliche Massnahmen zum Schutz vor einer Grundwasserverunreinigung in den Langen Erlen geprüft.

*Im Sektor Gebäude und Infrastruktur* stellt Hagelschlag das grösste Gefährdungspotenzial dar, gefolgt von Hochwasser und Sturmwind. Für die Änderung des Hagelrisikos aufgrund der Klimaänderung sind keine Prognosen möglich. Die hohe Wertekonzentration auf dem kleinflächigen Raum des Kantons führt allerdings dazu, dass bereits bei einem mittelgrossen Hagelschlag unzählige Policen von hohen Schäden betroffen sind. Der effektivste Schutz vor Hagelschäden wird durch die Verwendung von hagelgeeigneten Baumaterialien erreicht.

Im Bereich Hochwasser stellt der Birsig das grösste Überschwemmungspotenzial dar. Es wird insbesondere dadurch verschärft, dass die Durchflussmenge der Birsigüberdeckung zwischen Munitattbrücke<sup>1</sup> und Rhein durch den Einbau der Fernwärmehauptleitung und durch die Korrektur des Einlaufbauwerks im Bereich Munitattbrücke verringert wurde.

<sup>1</sup> Munitattbrücke wird die Birsigüberdeckung beim Birsigparkplatz an der Heuwaage genannt.

Als wichtigste Massnahme muss die Fernwärmehauptleitung aus dem Birsigstollen in die angrenzenden Strassen verlegt und das Einlaufbauwerk wieder auf die frühere Abflussgrösse zurückgebaut werden.

Sturmereignisse werden sich infolge der Klimaänderung möglicherweise im Winter intensivieren, nicht aber deren Häufigkeit. Längerfristig muss mit höheren Rückversicherungskosten gerechnet werden, was u.U. zu höheren Versicherungsprämien führen könnte.

### **Klimafolgen mit sekundärem Handlungsbedarf und nur bedingt kantonsspezifischen Massnahmen**

Die *Sektoren Biodiversität und Wald* sind durch die Klimaänderung in ihrer Artenzusammensetzung betroffen. Steigende Lufttemperaturen, trockene Sommer und feuchte Winter, die Verlängerung der Vegetationsperiode sowie Spätfrost wirken selektionierend auf das bestehende Artengefüge. Der Sektor Landwirtschaft wird durch Ertragseinbussen in Mitleidenschaft gezogen.

Mit geeigneter Artenwahl und Pflege kann bei Anpflanzungen in Parkanlagen und bei Baumbeständen in Wäldern dem Problem entgegengewirkt werden. Neobiolen und Schädlinge müssen durch Prävention, Eindämmen und flankierende Massnahmen bekämpft werden. In der Landwirtschaft ist die Sortenwahl, das Anbausystem und die Bodenbearbeitung von einem bedarfsorientierten hin zu einem angebotsorientierten Wassermanagement zu gestalten. Durch geeignete Anbauweise ist die Bodenfruchtbarkeit zu erhalten und sind Bodenerosionen zu vermeiden.

Die *Rheinschiffahrt* ist in ihrer Leistungsfähigkeit sowohl bei Hochwasser als auch bei Niederwasser eingeschränkt. Bei Hochwasser wird ab einer bestimmten Hochwassermarken die Rheinschiffahrt gesperrt. Bei Niederwasser existiert keine Sperre; die Rheinschiffahrt wird jedoch in ihrer Abladetiefe eingeschränkt. Aufgrund des Klimawandels können Hochwasser sowie Niederwasser künftig häufiger eintreten.

Durch ein optimiertes Staureglement der Kraftwerke am Hochrhein sowie eine vorausblickende Regulierung der Juraseen lassen sich Hochwasserwellen ausgleichen und deren Spitzen brechen. Eine Austiefung der Fahrwasserrinnen könnte der Problematik bei Niederwasser entgegen wirken.

Im *Sektor Stadtentwässerung* führt die Zunahme der Niederschlagsmengen gesamthaft zu einem Mehrabfluss von Abwässern zur Abwasserreinigungsanlage. Ein Trend zu intensiveren Starkniederschlägen wird jedoch nicht erwartet.

Die Dimensionierung der Kanalisation muss kaum angepasst werden, um Überlastungen und Rückstaus zu verhindern. Lang andauernde Starkregen können allerdings dazu führen, dass die Kanalisation bei den Überläufen (Regenentlastungen) mehr und während längerer Zeit stark verdünntes Abwasser direkt in die Gewässer ableitet. Allenfalls muss deswegen eine Erweiterung des Kanalisationsnetzes mit zusätzlichen Retentionsvolumen oder Mischwasserüberlaufbecken geprüft werden.

Der *Sektor Luftqualität und Stadtklima* wird vor allem im Sommer durch eine verminderte Luftqualität sowie durch einen verstärkten Wärmeinseleffekt negativ beeinflusst.

Durch dauerhafte Massnahmen bei der Luftreinhaltung wird die Luftbelastung voraussichtlich nochmals deutlich gesenkt. Dem verstärkten Wärmeinseleffekt kann mit einer klimagerechten Stadt- und Bauplanung entgegengewirkt werden. Die Klimaanalyse Basel (KABA), welche die Luftzirkulation im Stadtgebiet aufzeigt und als Instrument für die Stadtentwicklung dient, muss deshalb aktualisiert werden.

Auch im *Sektor Gesundheit* treten die klimawandelbedingten Auswirkungen vorwiegend in warmen Jahreszeiten auf. Die relevantesten Folgen sind gesundheitliche Beeinträchtigungen aufgrund der zunehmenden Hitzebelastung und der verstärkten Belastung mit Luftschadstoffen.

Die Massnahmen im Gesundheitsbereich erfolgen überwiegend auf Bundesebene und bestehen aus der Information der Bevölkerung zur Belastungssituation sowie in Empfehlungen über angepasste Verhaltensweisen auf individueller Ebene.

## **Kostenübersicht der kantonalen Massnahmen**

Die grössten Kosten werden in den *Sektoren Gebäude und Infrastruktur, Trinkwasser* sowie *Rheinschifffahrt* anfallen. Die Kosten für den Ausbau der Fernwärmeleitung aus dem Birsigstollen belaufen sich auf rund CHF 20 Mio. Für die allfällige Leitungsverlegung der Rohwasserentnahme im Rhein oberhalb der Chemiekäranlagen muss mit einem zweistelligen Millionenbetrag gerechnet werden. Für die Austiefung der Fahrwasserinne des Rheins ist mit rund CHF 1 bis 3 Mio. zu rechnen.

In den *Sektoren Biodiversität, Wald, Landwirtschaft, Grundwasser, Stadtentwässerung, Luftqualität und Stadtklima* sowie *Gesundheit* sind die Kosten im Verhältnis zu den oben genannten Massnahmen eher gering oder die Kosten sind derzeit noch nicht absehbar, da zuerst eine genauere Kostenabschätzung erfolgen muss.

## **Ausblick**

Wie der vorliegende Bericht zeigt, verursacht der Klimawandel Auswirkungen, die verschiedene Fachbereiche betreffen. Aus diesem Grund hat die Ausarbeitung konkreter Massnahmen in den verschiedenen Handlungsfeldern in einer vernetzten Betrachtungsweise und unter Einbezug aller betroffenen Fachstellen – und damit interdepartemental – zu erfolgen.

Auch wenn Wissenslücken und Unsicherheiten bei den Klimaszenarien und Folgeabschätzungen zum Klimawandel bestehen, ist es wichtig, sich bereits heute mit der Thematik der Klimaänderung auseinander zu setzen und die notwendigen Massnahmen zu treffen. In diesem Sinne soll dieser Bericht zu einer nachhaltigen Anpassungsstrategie der Kantons- und Stadtentwicklung im Bereich Klimawandel und Adaptation verhelfen.



# Einleitung

Klimaschutz ist ein zentrales, gesellschaftspolitisches Thema. Auslöser sind wiederkehrende extreme Wetterereignisse und die Veröffentlichung von Ergebnissen wissenschaftlicher Untersuchungen über den Klimawandel. Das Intergovernmental Panel on Climate Change macht aufgrund seiner Untersuchungen den Mensch als Hauptverursacher des Klimawandels durch den Ausstoss anthropogener Treibhausgase verantwortlich und zeigt die zu erwartende Klimaänderung auf (IPCC 2007).

Auch im Kanton Basel-Stadt sind Veränderungen und Folgen durch den Klimawandel für Umwelt, Gesellschaft und Wirtschaft zu erwarten. Einerseits müssen die Emissionen klimarelevanter Gase reduziert werden, andererseits ist den Folgen des Klimawandels mit entsprechenden Massnahmen adäquat zu begegnen. Aus diesem Grund hat der Regierungsrat des Kantons Basel-Stadt beschlossen, einen «Klimafolgenbericht» für den Kanton Basel-Stadt zu erstellen. Darin werden die Folgen des Klimawandels und der allfällige Handlungsbedarf aufgezeigt.



In einem zweiten Bericht werden die Emissionen klimarelevanter Gase bilanziert und emissionsmindernde Massnahmen für eine klimaverträgliche Politik in Richtung 2000-Watt-Gesellschaft erörtert. Dieser «Klimaschutzbericht» wird separat publiziert.

## Methodik

In einem ersten Schritt erläutert der Bericht den natürlichen und anthropogenen Treibhauseffekt und stellt die wesentlichen Aussagen zu den physikalischen Grundlagen des globalen Klimawandels und dessen Auswirkungen und Folgen dar. Die Ausführungen basieren auf dem Vierten Sachstandsberichts des IPCC (IPCC 2007), der sich mit den globalen Beobachtungen des 20. Jahrhunderts sowie den Klimaszenarien bis Ende des 21. Jahrhunderts befasst.

In einem zweiten Schritt beschreibt der Bericht die beobachteten Klimaänderungen in der Schweiz im 20. Jahrhundert sowie die zu erwartenden Klimaszenarien 2050, basierend auf dem Bericht «Klimaänderung und die Schweiz 2050» des beratenden Organs für Fragen der Klimaänderung (OcCC CH2050).

Nachfolgend werden die Auswirkungen und Folgen der Klimaänderung im Jahr 2050 und der daraus entstehende Handlungsbedarf für den Kanton Basel-Stadt nach Sektoren aufgezeigt. Als Datengrundlage für die zu erwartende Klimaänderung dienen, analog der Anpassungsstrategie Schweiz des Bundes, die Klimaszenarien des Berichts «Klimaänderung und die Schweiz 2050» des OcCC (CH2050-Klimaszenarien), wobei die mittleren Schätzungen angenommen wurden. Sie sind gegenüber den differenzierten Angaben der CH2050-Klimaszenarien leicht vereinfacht, wobei es sich bei den Temperatur- und Niederschlagsveränderungen um Medianwerte mit teils relativ grossen Wahrscheinlichkeitsintervallen handelt (Kapitel 2 Vorgehensweise). Mittels systematischer Analyse zeigen die kantonalen Fachstellen mögliche Folgen des Klimawandels und den daraus resultieren-

den Handlungsbedarf für jeden Sektor auf. Auf eine systematische Auswertung wissenschaftlicher Primär- und Sekundärliteratur wurde aufgrund des hohen Arbeitsaufwandes verzichtet. Zudem wurden keine aufwändigen Analysen vorgenommen oder externe Studienaufträge vergeben. In einzelnen Sektoren haben sich jedoch aufgrund der Erkenntnisse des vorliegenden Berichts vertiefte Untersuchungen als sinnvoll erwiesen; sie sollen zur gegebenen Zeit durchgeführt werden.

## Genauigkeit des Berichts

Aussagen über die Auswirkungen und Folgen des Klimawandels sind in so ferner Zukunft grundsätzlich mit Unsicherheiten behaftet. Im Rahmen der heutigen Klimaforschung werden laufend neue Forschungsprojekte gestartet und neue Ergebnisse sind fast täglich zu finden. Zudem vermischen sich über den Lauf der Zeit künftige Vorhersagen mit retrospektiven Analysen, da der Klimawandel sich über weite Zeiträume erstreckt. Dadurch bestehen gewisse Wissenslücken und damit verbunden Unsicherheiten bei den zu erwartenden Klimaszenarien, Projektionen und Folgeabschätzungen. Aus diesem Grund sind die Ergebnisse des vorliegenden Berichts als längerfristige Orientierungshilfe zu verstehen, die aufzeigt, welche Veränderungen bis im Jahr 2050 im Kanton Basel-Stadt zu erwarten sind. Die im Bericht dargestellten Folgen und Massnahmeempfehlungen sind somit Hinweise für möglicherweise künftig eintretende Situationen. Diese gilt es in den kommenden Jahren auf ihre Entwicklung zu beobachten, um möglichen Folgen der Klimaänderung adäquat begegnen zu können.

Die in Arbeit befindliche Anpassungsstrategie Schweiz des Bundes untersucht die Folgen des Klimawandels für die Schweiz. Sie wird Grundlage für das koordinierte Vorgehen der Kantone bei der Anpassung an die Klimaänderung sein. Erste Resultate liegen Ende 2011 vor. Die Ergebnisse werden aber nicht alle kantonspezifischen Fragen abdecken können.





1  
Klimawandel  
und  
Auswirkungen





# 1.1

## Ursachen für den Klimawandel

### 1.1.1

## Natürlicher Treibhauseffekt

Die Sonne sendet Strahlen zur Erde und erwärmt dadurch die Erdoberfläche. Diese gibt daraufhin Energie in Form langwelliger Infrarotstrahlung ab. Treibhausgase können einen Teil der Wärmeabstrahlung der Erde aufnehmen. Durch die Aufnahme und Abstrahlung dieser Energie werden die Strahlungsverhältnisse in der untersten Atmosphärenschicht verändert. Dank diesem natürlichen Treibhauseffekt ist auf der Erde überhaupt Leben möglich. Der natürliche Treibhauseffekt verursacht eine Temperaturerhöhung von etwa 33°C und hält die globale Durchschnittstemperatur bei rund 15°C. Ohne Treibhausgase läge die mittlere Temperatur auf der Erde bei etwa minus 18°C.



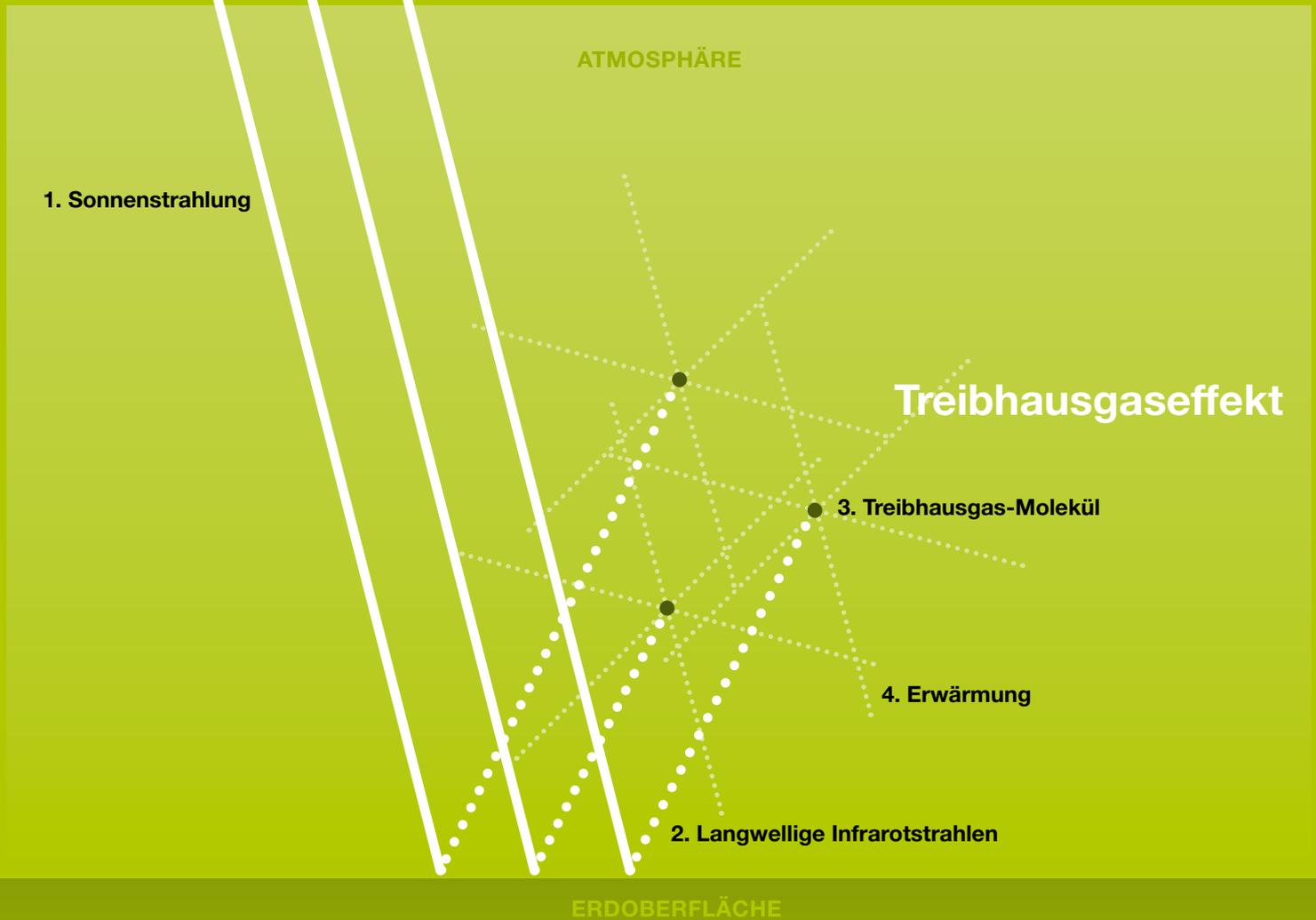
Der Treibhauseffekt wird durch die natürlichen Treibhausgase Wasserdampf (H<sub>2</sub>O), Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>), Methan (CH<sub>4</sub>), Lachgas (N<sub>2</sub>O) und Ozon der Troposphäre (O<sub>3</sub>) verursacht. Zu dieser lebenserhaltenden Erwärmung trägt Wasserdampf zu rund 66% bei, gefolgt von CO<sub>2</sub> mit einem Anteil von rund 15%, Ozon (Troposphäre) mit etwa 10% und Lachgas und Methan mit jeweils 3%.

### 1.1.2

## Anthropogener Treibhauseffekt



Durch menschliche Aktivitäten – vor allem durch Verbrennung fossiler Energieträger und Abholzung der Tropenwälder – ist die Konzentration der Treibhausgase in der Atmosphäre in den letzten Jahrzehnten immer rascher angestiegen. Heute misst man z. B. über 30% mehr CO<sub>2</sub> als zu Beginn des Industriezeitalters. Als Folge davon findet im globalen Durchschnitt eine zusätzliche Erwärmung der Erdoberfläche und der unteren Atmosphäre statt. Aufgrund der Strömungen in der Atmosphäre und in den Ozeanen kommt es zu horizontalen Umverteilungen von Wärmeenergie. Dies führt dazu, dass sich die zusätzliche Erwärmung nicht in allen Regionen der Erde gleich stark bemerkbar macht. In einigen Gebieten der Erde ist die Klimaerwärmung weit grösser als die durchschnittliche globale Klimaerwärmung.



1. Die Sonnenstrahlung erwärmt die Erdoberfläche.
2. Die Erdoberfläche gibt langwellige Infrarotstrahlung ab.
3. Die Treibhausgase nehmen einen Teil der Infrarotstrahlung auf und geben ihrerseits Infrarotstrahlung ab.
4. Ein Teil der von den Treibhausgasen ausgesendeten Strahlung gelangt auf die Erde zurück und führt zu einer Erwärmung der Erdoberfläche.

Aufgrund des vertikalen Luftaustauschs und physikalischer Effekte im Zusammenhang mit der vertikalen Temperaturschichtung erwärmt sich auch die unterste Atmosphärenschicht (Troposphäre).



## Übersicht über die Treibhausgase, Verweildauer und GWP

	Verweilzeit in der Atmosphäre (in Jahren) <sup>2</sup>	Erwärmungspotenzial	Anteil an Total der Emissionen (ohne Entwaldung)
<b>Treibhausgas und wichtigste Emissionsquelle (vom Kyoto-Protokoll erfasste Gase)</b>			
<b>Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>)</b> > Verbrennung fossiler Brenn- und Treibstoffe (Erdöl, Erdgas, Kohle), Zementherstellung > Abholzung/Brandrodung in den Tropen	100–150	1	weltweit ca. 77%, Schweiz ca. 85%
<b>Methan (CH<sub>4</sub>)</b> > Landwirtschaft: entsteht v.a. im Verdauungstrakt der Wiederkäuer sowie beim Reisanbau in überfluteten Reisfeldern > Abfalldonnen	ca. 12	21	weltweit ca. 14%, Schweiz ca. 7%
<b>Lachgas (N<sub>2</sub>O)</b> > Landwirtschaft: entsteht bei der Viehhaltung und beim Abbau von Stickstoffdünger. > kleinere Anteile aus Industrie und Verkehr	ca. 120	310	weltweit ca. 8%, Schweiz ca. 6%
<b>Synthetische Treibhausgase:</b>			weltweit ca. 1% Schweiz 1–2%
<b>Fluorkohlenwasserstoffe (FKW/HFC)</b> > Kältemittel, Schäumungsmittel, Treibgas in Spraydosen, Lösungsmittel	1,2 bis 260	140 bis 11 700	
<b>Perfluorierte Kohlenwasserstoffe (PFKW/PFC)</b> > Herstellung von Halbleitern, Lösungsmittel, Wärmeträger	2600 bis 50 000	6500 bis 9200	
<b>Schwefelhexafluorid (SF<sub>6</sub>)</b> > Hochspannungs-Isolatoren und unterirdische Kabel, Aluminium- und Magnesiumguss, Herstellung von Halbleitern	3200	23 900	
<b>Nicht vom Kyoto-Protokoll erfasste Gase</b>			
<b>Fluorchlorkohlenwasserstoffe (FCKW-Gruppe, Halon-Gruppe und HFCKW-Gruppe)</b> > Verbrauch ist wegen der Ozonschicht zerstörenden Wirkung durch das Montrealer Protokoll eingeschränkt/verboten; in der Schweiz Emissionen nur noch aus bestehenden Kälte- und Löschanlagen sowie Schaumstoffen	1,3 bis 1700	bis über 10 000	Tendenz abnehmend aufgrund der Politik zum Schutz der Ozonschicht
<b>Neue klimaaktive Substanzen</b>			
<b>Hydrofluorether (HFE)</b> > Lösungsmittel, Wärmeträger	0,22 bis 150	30 bis 14 900	Tendenz zunehmend
<b>Stickstofftrifluorid (NF<sub>3</sub>)</b> > Elektronikindustrie	> 500	10 800	
<b>Sulfurylfluorid (SO<sub>2</sub>F<sub>2</sub>)</b> > Schädlingsbekämpfungsmittel	in Abklärung	in Abklärung	

<sup>2</sup> Verweilzeit ist der Zeitraum, nach dem rund 60% einer bestimmten Menge des Stoffes abgebaut sind.



Die Klimawirksamkeit der Treibhausgase ergibt sich aus der Emissionsmenge und der damit verknüpften Konzentrationszunahme in der Atmosphäre, der Verweildauer in der Atmosphäre und der Infrarotabsorptionseigenschaft des jeweiligen Moleküls. Die beiden letzten Einflussgrößen sind im so genannten globalen Erwärmungspotential (GWP) zusammengefasst. Definitionsgemäss hat CO<sub>2</sub> ein GWP von 1.

Die Klimaerwärmung der Erde löst verschiedene weitere Prozesse im Klimasystem aus, die zu einer zusätzlichen Erwärmung führen. Dies wird als positive Rückkoppelung bezeichnet.

Die wichtigsten positiven Rückkoppelungen sind:

- › Wärmere Luft kann mehr Wasserdampf aufnehmen. Da Wasserdampf ein Treibhausgas ist, führt der mit der Erwärmung verbundene höhere Wasserdampfgehalt in der Atmosphäre zu einem zusätzlichen Treibhauseffekt und damit zu einer weiteren Erwärmung. Dieser Verstärkungseffekt führt zu einer Erwärmung, die etwa gleich gross ist, wie die Erwärmung allein aufgrund des zusätzlichen Treibhauseffekts von CO<sub>2</sub>.
- › Schnee und Eis reflektieren einen hohen Anteil der einfallenden Sonnenstrahlung. Nimmt aufgrund der Erwärmung die mit Schnee oder Eis bedeckte Fläche ab, so wird weniger Sonnenstrahlung reflektiert und mehr Strahlung aufgenommen, was zu einer weiteren, im globalen Vergleich überdurchschnittlichen Erwärmung in diesen Regionen führt. Betroffen sind vor allem Regionen in den Polargebieten und mit Gebirgen.
- › Aufgrund der Erwärmung ändern sich Prozesse im Kohlenstoffkreislauf. So verändert sich die CO<sub>2</sub>-Aufnahme von Pflanzen, aber auch die CO<sub>2</sub>-Bindung in Ozeanen oder von Mikroorganismen im Meer. Die Auswirkungen dieser Effekte können zurzeit noch nicht genau beziffert werden.
- › Erhöhter Wasserdampfgehalt in der Atmosphäre kann auch zu Veränderungen in der Wolkenbedeckung führen. Dabei wirken hohe, dünne Wolken erwärmend, tiefe dicke Wolken dagegen abkühlend. Sie reflektieren Sonnenstrahlung und vermindern die Einstrahlung an der Erdoberfläche. Wie sich die Wolkenbedeckung verändert, ist zurzeit noch unklar und bildet die wichtigste Unbekannte in der Abschätzung des Ausmasses der globalen Erwärmung.

### 1.1.3 Strahlungsantrieb und natürliche Klimaschwankungen

Zur Vollständigkeit sei hier auch die natürliche Klimaschwankung erwähnt. Zusätzlich zu den Treibhausgasen verändern auch Änderungen in der atmosphärischen Konzentration von Aerosolen (Vulkanausbrüche), der Sonneneinstrahlung (Schwankungen der Solarstrahlung durch die Variation der Erdbahnparameter) und der Beschaffenheit der Landoberfläche die Energiebilanz des Klimasystems. Diese Änderungen und deren wärmende und kühlende Einflüsse auf das globale Klima werden in Form des Strahlungsantriebs ausgedrückt. Auf diese Effekte wird im vorliegenden Bericht jedoch nicht weiter eingegangen.





# 1.2

## Globaler Klimawandel



Die wesentlichsten Aussagen des Vierten Sachstandsberichts des Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC 2007) zu den wissenschaftlichen Grundlagen der erwarteten Klimaszenarien bis Ende des 21. Jahrhunderts lassen sich wie folgt zusammenfassen:

#### *Kohlendioxid*

- › Die globale atmosphärische Kohlendioxid-Konzentration ( $\text{CO}_2$ ) ist von einem vorindustriellen Wert von ca. 280 ppm auf 379 ppm im Jahre 2005 angestiegen.
- › Die atmosphärische  $\text{CO}_2$ -Konzentration lag in den letzten 650 000 Jahren weit unter dem Wert von 2005.
- › Die Hauptquelle der erhöhten atmosphärischen  $\text{CO}_2$ -Konzentration seit der vorindustriellen Zeit ist der Verbrauch fossiler Brennstoffe, wobei Landnutzungsänderungen einen weiteren signifikanten, aber kleineren Beitrag liefern.

#### *Methan*

- › Die globale atmosphärische Methan-Konzentration ( $\text{CH}_4$ ) ist von einem vorindustriellen Wert von ca. 715 ppb auf 1774 ppb im Jahre 2005 angestiegen.
- › Die atmosphärische  $\text{CH}_4$ -Konzentration lag in den letzten 650 000 Jahren weit unter dem Wert von 2005.
- › Der Anstieg der  $\text{CH}_4$ -Konzentration ist sehr wahrscheinlich anthropogen bedingt und auf die Landwirtschaft (u. a. Reisanbau und Viehhaltung) und den Verbrauch fossiler Brennstoffe zurückzuführen.

#### *Lachgas*

- › Die globale atmosphärische Lachgas-Konzentration ist von einem vorindustriellen Wert von ca. 270 ppb auf 319 ppb im Jahr 2005 angestiegen.
- › Mehr als ein Drittel aller Lachgasemissionen sind anthropogen und primär durch die Landwirtschaft (u. a. Stickstoffdüngung) verursacht.

#### *Strahlungsantrieb*

- › Die kühlenden und erwärmenden anthropogenen Einflüsse auf das Klima tragen im globalen Durchschnitt seit 1750 mit einem Netto-Strahlungsantrieb von  $+1,6 \text{ Wm}^{-2}$  zur Temperaturerhöhung bei.

#### *Temperatur*

- › Seit 1850 ist die globale Erdoberflächentemperatur um  $0,74 (0,56-0,92)^\circ\text{C}$  angestiegen.
- › Für die nächsten zwei Jahrzehnte wird eine Erwärmung von  $0,2^\circ\text{C}$  pro Jahrzehnt projiziert. Selbst wenn die Konzentrationen aller Treibhausgase und Aerosole auf dem Niveau des Jahres 2000 konstant gehalten würden, wäre eine weitere Erwärmung von  $0,1^\circ\text{C}$  pro Jahrzehnt zu erwarten.
- › 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 keine Evidenz, dass beispielsweise der Golfstrom als Reaktion auf die globale Erwärmung nicht mehr fließt.

#### *Winde*

- › Die Westwinde in den mittleren Breiten sind in beiden Hemisphären seit den 1960er Jahren stärker geworden.

#### *Niederschläge*

- › Die Häufigkeit von Starkniederschlägen hat über die meisten Landflächen zugenommen, im Einklang mit der Erwärmung und der beobachteten Zunahme des atmosphärischen Wasserdampfs.

### *Meeresspiegel*

- › Der Meeresspiegel ist im 20. Jahrhundert im Mittel um 0,17 m angestiegen.

### *Gletscher*

- › Gebirgsgletscher und Schneebedeckung haben im Mittel in beiden Hemisphären abgenommen. Der Rückzug der Gletscher und Eiskappen hat zum Anstieg des Meeresspiegels beigetragen.

Neuste wissenschaftliche Erkenntnisse seit der Veröffentlichung des Vierten Sachstandsberichts des Intergovernmental Panel on

Climate Change zeigen, dass sowohl die Entwicklung der CO<sub>2</sub>-Emissionen als auch die Klimaänderungen an der obersten Grenze oder über der Bandbreite der Erwartungen, wie sie im Bericht des IPCC von 2007 dargestellt sind, liegen. Das Klimasystem der Erde reagiert möglicherweise rascher als angenommen auf den erhöhten Treibhauseffekt. Emissionsreduktionen sind deshalb dringend nötig. Die Erreichung des Ziels, die globale Erwärmung auf 2°C gegenüber vorindustriellen Werten zu begrenzen, ist noch erreichbar. Die weltweit bisher in Aussicht gestellten Massnahmen zur Emissionsreduktion reichen jedoch bei weitem nicht aus, um das 2°C Ziel zu erreichen.







# 1.3

## Klimawandel in der Schweiz

## 1.3.1 Beobachtungen im 20. Jahrhundert

Bezüglich Temperatur und Niederschlag wurden in der Schweiz und in Süddeutschland im 20. Jahrhundert die nachstehenden Beobachtungen gemacht.

### **Beobachtete Klimaänderungen im 20. Jahrhundert gemäss OcCC CH2050** (wenn nicht anders vermerkt)

Das Beratende Organ des Bundesrats für Fragen der Klimaänderung (OcCC) hat den Auftrag, Empfehlungen zu Fragen des Klimas und der Klimaänderungen zuhanden von Politik und Verwaltung zu formulieren. Der Bericht Klimaänderung und die Schweiz 2050 stellt sowohl die beobachteten Klimaänderungen im 20. Jahrhundert als auch die zu erwartenden Klimaänderungen in der Schweiz bis im Jahr 2050 (CH2050-Klimaszenarien) sowie deren Folgen für Umwelt, Gesellschaft und Wirtschaft dar. Wissenschaftliche Grundlage für diese Studie bilden die Berichte 2001 und 2007 des IPCC. Dabei wurden zur Berechnung des regionalen Temperatur- und Niederschlagszenarios verschiedene Kombinationen von globalen und regionalen Klimamodellen aus dem EU-Projekt PRUDENCE verwendet. Die Aussagen in Bezug auf die Schweiz unterscheiden zwischen Alpennord- und Alpensüdseite. Insbesondere unter dem Gesichtspunkt, dass die Region Basel witterungs- und wettertechnisch teilweise mehr Ähnlichkeiten mit dem Oberrheingraben und dem westlichen Teil von Baden-Württemberg hat, als mit dem Mittelland und den alpinen Effekten, wurde weitere Literatur über Süddeutschland, Baden-Württemberg und den Oberrheingraben konsultiert. Damit lässt sich die beobachtete und erwartete Klimaänderung in der Region Basel besser beschreiben.

#### *Temperatur*

##### Global

- › Global stieg die durchschnittliche Temperatur um  $0,6 \pm 0,2^\circ\text{C}$  an.
- › Die Temperatur hat in der Westschweiz um ca.  $1,6^\circ\text{C}$ , in der Deutschschweiz um ca.  $1,3^\circ\text{C}$  und auf der Alpensüdseite um ca.  $1,0^\circ\text{C}$  zugenommen. Die Temperaturerhöhung war somit in der Schweiz stärker ausgeprägt als im globalen Mittel.
- › Auf der Alpennordseite hat die Häufigkeit abnormal warmer Monate, welche mehr als  $2^\circ\text{C}$  über dem langjährigen Durchschnitt liegen, bereits um 70% zugenommen.

##### Süddeutschland

- › Die Temperaturen haben zwischen  $0,5$  und  $1,2^\circ\text{C}$  zugenommen (KLIWA 2006).

#### *Niederschlag*

##### Schweiz

- › Die Jahresniederschläge haben um rund 8% (120 mm) zugenommen.
- › Die Winterniederschläge haben im nördlichen und westlichen Alpenraum um 20–30% zugenommen.
- › Intensive Niederschläge (von 2–5 Tagen Dauer) haben im Herbst und Winter zugenommen (weite Teile des Mittellandes und des nördlichen Alpenrandes).



- › Durch die stärkere Verdunstung bei höheren Niederschlägen (um 105 mm bzw. ~23%) blieb der Abfluss im Jahresmittel praktisch unverändert.
  - › Die Gletscher haben in 100 Jahren um rund 50 km<sup>3</sup> abgenommen. Die Verminderung des Gletschervolumens hat im Durchschnitt mit 12 mm/a (~1,2%) zum Abfluss beigetragen.
- Süddeutschland
- › Eine Tendenz zu trockeneren Sommern und niederschlagsreicheren Wintern ist erkennbar (KLIWA 2006).
  - › Sowohl die Häufigkeit als auch die Dauer von Starkniederschlägen haben im Winter zugenommen (KLIWA 2006).
  - › Westwetterlagen und Hochdruckwetterlagen im Sommer haben zugenommen (KLIWA 2006).

## 1.3.2 Szenario 2050

Zukünftig wird sich die Klimaänderung beschleunigen. Nachfolgend sind die berechneten Niederschlags- und Temperaturänderungen gegenüber 1990 für den Zeithorizont 2050 angegeben.



## Szenario Klimaänderung Schweiz 2050 gemäss OcCC CH2050 (wenn nicht anders vermerkt)

### Temperatur

#### Schweiz

- › Die Temperaturerhöhung auf der Alpennord- und Alpensüdseite ist praktisch gleich. Der Temperaturanstieg in der Nordschweiz wird auf 1,8°C im Winter und 2,7°C im Sommer geschätzt. In der Südschweiz sind es 1,8°C im Winter und 2,8°C im Sommer.
- › Bei einer schwachen Erwärmung entspricht der Temperaturverlauf in Basel dem heutigen Verlauf in Grono (GR), bei einer mittleren Erwärmung jenem in Lugano und bei einer starken Erwärmung jenem in Verona.
- › Bis 2050 wird sich die Nullgradgrenze von heute 840 m.ü.M. auf ca. 1200 m.ü.M. verschieben.

#### Global

- › Global ist mit einer Temperaturzunahme von 0,8–2,4°C zu rechnen. Bis im Jahr 2100 wird eine Zunahme von 1,4–5,8°C gegenüber 1990 erwartet.

#### Süddeutschland

- › Für Baden-Württemberg und Bayern wird für den Zeitraum 2021–2050 die Temperaturzunahme im Winter (November bis April) mit ca. 2°C stärker ausfallen als im Sommer (Mai bis Oktober) mit ca. 1,4°C (KLIWA 2006).

### Niederschlag

#### Schweiz

- › Auf der Alpennordseite ist mit einer Zunahme des Niederschlags von rund 8% im Winter und mit einer Abnahme von rund 17% im Sommer zu rechnen. Auf der Alpensüdseite wird mit einer Zunahme des Niederschlags von 11% im Winter und einer Abnahme von 19% im Sommer gerechnet.
- › Die berechnete absolute Niederschlagsveränderung (jährliches Niederschlagsvolumen) prognostiziert einen Niederschlagsrückgang in Bern Liebefeld von 50 mm, in Sion von 20 mm und in Lugano um 150 mm.
- › Insgesamt wird sich das jährliche Niederschlagsvolumen um ca. 7% verringern (KOHS 2007).

#### Süddeutschland

- › Für Baden-Württemberg ist für 2021–2050 mit einer Zunahme der Winterniederschläge zu rechnen (bis zu 35%) sowie ein Anstieg der Anzahl Tage mit hohen Niederschlagsmengen. Die Sommer-niederschläge werden sich wenig verändern (KLIWA 2006).

Die Häufigkeit und Intensität von Extremereignissen wird in Zukunft zunehmen. Dies gilt für Hitzewellen, Intensivniederschläge, Hochwasser, Hangrutschungen und Murgänge, sommerliche Trockenheit sowie Stürme.

Heutige Klimamodelle können feinskalige Prozesse bei Extremereignissen nur annäherungsweise erfassen. Szenarien zur Entwicklung von Häufigkeit und Intensität von Extremereignissen sind deshalb noch sehr unsicher. Statistische Aussagen über aktuelle Trends bei den Extremereignissen sind wegen der Seltenheit der Ereignisse schwierig. Für die Schweiz sind folgende Veränderungen zu erwarten:

## Extremereignisse, Szenario Klimaänderung Schweiz 2050 gemäss OcCC CH2050 (wenn nicht anders vermerkt)

### Temperaturextreme

- › Hitzeperioden werden bei einem Anstieg der mittleren Sommertemperaturen zunehmen.
- › Die Variabilität der mittleren Sommertemperatur wird zunehmen.
- › Im wahrscheinlichsten Fall wird 2050 jeder zehnte Sommer wärmer als 21°C. Bei einer sehr schwachen Erwärmung wird jeder zehnte Sommer wärmer als 19,7°C sein und bei einer sehr starken Erwärmung wärmer als 23°C.
- › Im Winter wird die tägliche Temperaturvariabilität abnehmen. Die Häufigkeit von Kälteperioden und die Anzahl Frosttage wird abnehmen.
- › Die Veränderung von Spätfrost ist unsicher, weil die Erwärmung auch die Vegetationsperiode verschiebt.

### Intensivniederschläge

- › Die mittlere Niederschlagsintensität und die Häufigkeit von Intensiv- und Extremniederschlägen (1- bis 5-tägige Niederschläge) dürften im Winter (inkl. Herbst und Frühling) zunehmen.
- › Im Sommer ist die Situation weniger klar. Erwartet werden eine Abnahme des mittleren Niederschlags und eine Zunahme der Niederschlagsintensität.

### Hochwasser, Hangrutschungen und Murgänge

- › Eine Zunahme der Niederschlagsintensität und -extreme birgt das Potential für häufigere Hochwasser, Hangrutschungen und Murgänge.
- › Mittlere und grosse Einzugsgebiete von Fließgewässern: 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.

- › Kleine Einzugsgebiete von Fließgewässern: Die grössten Hochwasser treten im Sommer meist nach kurzen aber intensiven Gewitterniederschlägen auf. Ihre Entwicklung ist noch unsicher.
- › Als Folge der Abnahme der Schneereserven in den Alpen und der Temperaturerhöhung setzt die Schneeschmelze früher im Jahr ein und dauert kürzer an als bisher. Dies zeigt sich auch im veränderten Abflussregime der Flüsse.

#### *Trockenheit*

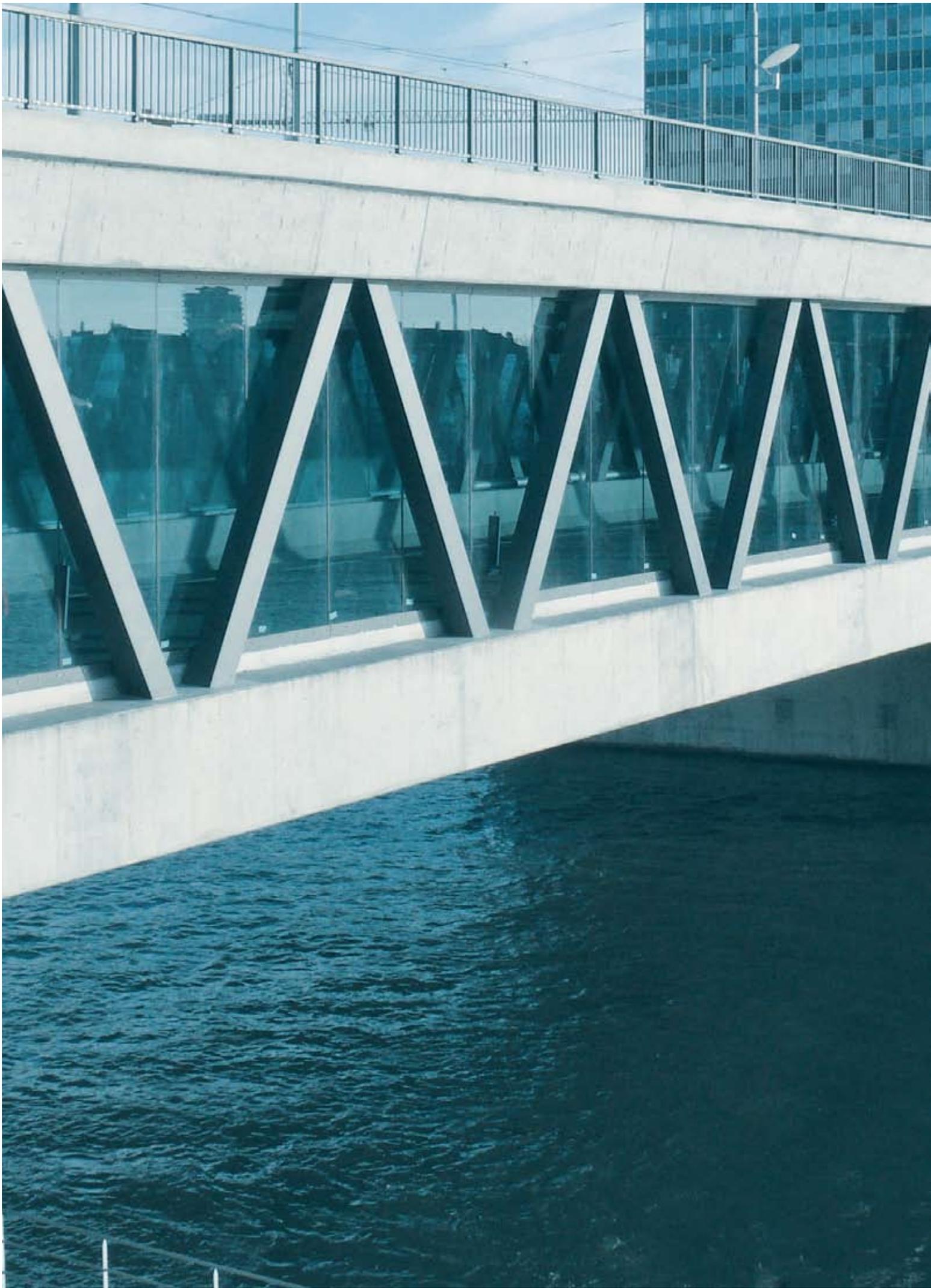
- › Extreme Trockenperioden werden wegen der Abnahme der mittleren Niederschläge und der Niederschlagstage im Sommer länger und häufiger auftreten (Bsp. Hitzesommer 2003).
- › Die Kombination von Niederschlagsabnahme und höherer Verdunstung kann regional zu einer Abnahme des Feuchtigkeitsgehalts im Boden führen.

- › Wegen der Verminderung des Niederschlagsvolumens und der Zunahme der Verdunstung wird das jährliche Abflussvolumen abnehmen (OCCC CH2050). Das jährliche Niederschlagsvolumen wird um 7% abnehmen, das jährliche Abflussvolumen wird um ca. 10% abnehmen (KOHS 2007).
- › Die Grundwasserneubildung wird im Sommer und im Herbst in allen nicht vergletscherten Gebieten abnehmen.
- › Bei kleinen und mittleren Fließgewässern werden Trockenperioden zunehmen.

#### *Stürme*

- › In Mitteleuropa ist eher mit einer Abnahme der Häufigkeit von Stürmen zu rechnen. Sehr starke Stürme (Bsp. «Vivian» oder «Lothar») dürften jedoch häufiger werden.
- › Grundsätzlich verschieben sich die Zugbahnen von Tiefdruckgebieten und Stürmen polwärts.







2

# Klimafolgen: Handlungsbedarf und Massnahmen je Sektor



## Vorgehensweise

Die Beurteilung der Folgen der Klimaänderung für den Kanton Basel-Stadt erfolgte aufgrund des Expertenwissens und der Einschätzung der kantonalen Fachstellen. Anhand folgender Fragen wurden die Klimafolgen je Sektor analysiert.

### Beurteilung der Klimafolgen nach folgenden Fragestellungen

#### *Folgen des Klimawandels*

- › Welche Veränderungen sind aufgrund des Klimawandels im Fachbereich/Sektor zu erwarten?

#### *Handlungsbedarf*

- › Ergibt sich aufgrund des Klimawandels ein Handlungsbedarf für den Fachbereich/Sektor, bzw. für den Kanton?
- › Welche Massnahmen müssen ergriffen werden?
- › Sind dazu Gesetzesänderungen notwendig?

#### *Kosten/Dienststellen*

- › Können bereits die Kosten für die anstehenden Massnahmen abgeschätzt werden?
- › Welche Dienststellen sind davon betroffen?

### Beurteilung der Klimafolgen nach folgenden Sektoren

- › Biodiversität
- › Wald
- › Landwirtschaft
- › Fliessgewässer und Gewässerökologie
- › Flusswassernutzung
- › Grundwasser
- › Trinkwasser
- › Rheinschifffahrt
- › Gebäude und Infrastruktur
- › Stadtentwässerung
- › Raumplanung und Luftzirkulation
- › Gesundheit

### Die Folgen des Klimawandels wurden beurteilt aufgrund der folgenden Annahmen zur Klimaänderung 2050 (basierend auf den CH2050-Klimaszenarien des OcCC Berichts «Klimaänderung und die Schweiz 2050»)

- › Erwärmung um 2°C im Herbst, Winter und Frühjahr
- › Erwärmung um 3°C im Sommer
- › Niederschlagszunahme von 10% im Winter
- › Niederschlagsabnahme von 20% im Sommer
- › Zunahme von extremen Niederschlägen im Winter, aber auch teilweise im Sommer
- › Zunahme der Hitzewellen und Trockenperioden im Sommer
- › Abnahme der winterlichen Kältewellen







# 2.1

## Biodiversität

## 2.1.1 Ausgangslage

Das Gepräge von Flora und Fauna am oberen Ende der Oberrheinischen Tiefebene ist schon heute trocken und warm. Die Natursubstanz des Kantons Basel-Stadt ist ausgesprochen reich. Im Stadtgebiet befinden sich viele Grünanlagen und Parks, die von der öffentlichen Hand gepflegt werden.

## 2.1.2 Klimafolgen – Auswirkungen und mögliche Massnahmen

### Biodiversität und Artenzusammensetzung

Der Anstieg der durchschnittlichen Lufttemperatur über das ganze Jahr hinweg wird die Vegetationsperiode erwartungsgemäss um rund 10 bis 14 Tage verlängern. Aufblühtermine und Pollensaison verlagern sich damit früher ins Jahr. Der phänologisch «offizielle» Kirschbaum am Observatorium auf St. Margarethen erblüht bereits heute gegenüber dem Beobachtungsbeginn vor 70 Jahren im Mittel 12 Tage früher. Dennoch ist im Frühling nach wie vor mit Spätfrösten zu rechnen. Je weiter die Pflanze entwickelt ist, desto empfindlicher reagiert sie auf Spätfröste. Dies kann eine Selektionierung der Arten oder auch Sorten zur Folge haben. Unter sommerlichen Trockenphasen mit wenig Niederschlag und hohen Temperaturen leiden naturgemäss vor allem Pflanzen «mitt-

lerer» und feuchter Standorte, was bereits im Hitzesommer 2003 beobachtet werden konnte. Trockenstress führt zu vermindertem Wachstum, frühzeitigem Blattwurf sowie Zweigsterben und macht Pflanzen anfälliger für Schadorganismen und Krankheiten. Mildere Winter bringen hingegen den Vorteil, dass weniger Salz gestreut und sich dessen schädlicher Einfluss auf Stadtbäume reduzieren wird.

In der spontanen Flora und Fauna schlagen sich somit Änderungen des Klimas unweigerlich nieder. Verschiebungen im Artengefüge sind absehbar. Tiere und Pflanzen trockener und warmer Habitate sind im Vorteil. Die Bestände landesweit eher seltener, für die Region Basel jedoch typischer Arten dürften somit an Boden gewinnen. Beispiele dafür sind die Rheinische Flockenblume (*Centaurea stoebe*), die Schlingnatter (*Coronella austriaca*) oder der Alexis-Bläuling (*Glaucopsyche alexis*).

Auch auf die Vogelwelt kann sich das veränderte Klima auswirken. Südliche Vogelarten werden in der Region Basel vermehrt erscheinen und Zugvögel wie Hausrotschwanz und Zilpzalp werden vermehrt in der Region überwintern.

## Handlungsbedarf und Massnahmeansätze

- › Ökosysteme mit hoher Biodiversität sind grundsätzlich stabiler und können besser auf Extremereignisse reagieren. Die Biodiversität im Kanton Basel-Stadt ist zu bewahren und zu fördern und die unterschiedlichen Lebensräume sind zu erhalten.
- › Die Vernetzung der verschiedenen Lebensräume ist zu entwickeln, da sie für den Genaustausch der verschiedenen Arten wichtig ist. Ein Vernetzungskonzept für den Kanton Basel-Stadt ist in Planung.

### Neobiota, Schädlinge und Krankheitserreger

Invasive Neobioten (Neomyceten, Neophyten, Neozoen) beeinträchtigen die Vielfalt der einheimischen Flora und Fauna, verursachen Schäden an Bauwerken oder gefährden die Gesundheit (Asthma, Allergien). Meist stammen die problematischen Neophyten und Neozoen aus warmgemässigten, meridionalen Kli-



magebieten. Aufgrund der hohen Mobilität der Bevölkerung und dem Handel über den ganzen Globus gelangen zunehmend Tiere und Pflanzen aus anderen Erdregionen zu uns. Die Einwanderung fremder Arten wird dadurch weiter zunehmen. Zusätzlich begünstigt die Klimaänderung deren Ausbreitung.

Invasive Neophyten werden durch die prognostizierten feuchteren und milderen Winter begünstigt. Trockene heisse Sommer schaden ihnen jedoch kaum. Wie sich neue Gartenflüchtlinge verhalten, bleibt abzuwarten. *Ambrosia artemisiifolia*, ein Neophyt, welcher Allergien auslösen kann, verhält sich in Basel allerdings kaum invasiv. Die meisten Vorkommen der letzten Jahre waren eng begrenzt und kurzlebig. Die alteingesessenen Bestände in den Häfen befinden sich unter Kontrolle.

Diverse Neozoen – Buchsbaumzünsler, Platanennetzwanze, Kastanienminiermotte, *Verticilliumwelke*, Chinesischer Marienkäfer – beeinträchtigen bereits heute die Flora und Fauna im

Kanton Basel-Stadt. Milde Winter ermöglichen zunehmend, dass eine grössere Zahl der Neozoen den Winter überlebt und so im Folgejahr mehr Schaden anrichtet. Dasselbe gilt für einheimische Schädlinge. Bei steigenden Temperaturen wird sich der Druck der vorhandenen und der neu eingebrachten und zugewanderten Neozoen auf die heimische Tier- und Pflanzenwelt somit wohl vergrössern. Dies kann sich unter Umständen auf ganze Grünflächen oder Parkanlagen auswirken. Unter den in Basel-Stadt bekannten Neozoen ist bei der Platanennetzwanze tendenziell mit einer Zunahme des Bestandes zu rechnen. Beim Buchsbaumzünsler wird beim momentanen Wissensstand keine Veränderung erwartet.

Des Weiteren können sich auch einheimische Pilze und Insekten, sogenannte Problemarten, schädlich auf die einheimische Flora und Fauna auswirken. Aufgrund der Klimaänderung und der damit verbundenen Temperaturerhöhung ist auch hier eine Zunahme und stärkere Verbreitung möglich.

## Handlungsbedarf und Massnahmeansätze

### Prävention

Den besten Schutz gegenüber invasiven Tieren und Pflanzen bietet die sachgerechte Pflege der wertvollen, empfindlichen Lebensräume. Sie verhindert, dass konkurrenzstarke Neobiota und Schädlinge die Überhand gewinnen.

- › Die Verbreitung invasiver Neobiota ist möglichst zu verhindern und befallene Flächen sind zu verkleinern.
- › Invasive Neophyten breiten sich häufig von offenen Flächen oder Pionierstandorten in die weitere Umgebung aus. Auf Baustellen kann es vorkommen, dass grössere Flächen von offenem Boden längere Zeit ungenutzt sind oder seitlich Bodensubstrat zwischengelagert wird. Auf diesen Flächen ist darauf zu achten, dass sich keine invasiven Neophyten ausbreiten.
- › Neuanpflanzungen von invasiven Neophyten sind auf dem gesamten Kantonsgebiet unbedingt zu vermeiden.
- › Um den Problemarten weniger Angriffsflächen zu bieten, sind Grünflächen vorausschauend zu pflegen. Standortverbesserungen haben einen positiven Einfluss auf den Zustand der einheimischen Pflanzen, welche folglich weniger anfällig sind.
- › Die Öffentlichkeit und das Unterhaltspersonal müssen gut informiert bzw. gezielt geschult werden.

### Eindämmen

- › Empfindliche und besonders wertvolle Standorte sind von invasiven Neobiota möglichst zu befreien (Priorisierung der Regulation).

- › Der Bestand von invasiven Neophyten, welcher sich innerhalb der Stadt nicht stark ausbreitet, flussabwärts des Rheins jedoch problematisch ist, ist zu reduzieren.
- › Für die direkte Regulation von problematischen Arten und Neozoen werden chemische oder biologische Pflanzenschutzmittel eingesetzt.
- › Eine weitere Möglichkeit ist der biologische Pflanzenschutz. Dabei werden Nützlinge ausgebracht oder gefördert, welche die Problemarten und Neozoen dezimieren. Zur Regulation der Kastanienminiermotte kann zum Beispiel die Blaumeise gefördert werden, welche die Larven dieser Motte frisst.

### Flankierende Massnahmen

- › Die Situation und Ausbreitung der Neobiota ist dauernd zu beobachten und festzuhalten (Monitoring, Erfolgskontrolle). Dabei ist auch der Informationsaustausch (kantonal, Nachbarkantone, Bund, Nachbarländer) über die Verbreitung von invasiven Arten wichtig.
- › Für die Regulation von Problemorganismen wird der Aufwand steigen. Das Vorgehen gegen einzelne problematische Arten kann durchaus aufwändiger werden. Auch mit vermehrtem Auftreten von Quarantäneschädlingen muss gerechnet werden. Das konstante Überwachen der Problemarten ist, wie bei den Neobiota, sehr wichtig.
- › Bei Importen soll das unbeabsichtigte Einschleppen von Neobiota mit Pflanzen oder Verpackungsmaterial unbedingt vermieden werden. Dies soll durch vermehrte Kontrollen und Aufklärung der Importeure und des Grosshandels durch die Bundesbehörden erreicht werden. Allenfalls sind gesetzliche Anpassungen notwendig.

## Grünanlagen

Häufigere und verstärkte sommerliche Trockenheit beeinträchtigt die Strassenbäume. Diese leiden schon heute oft unter Trockenstress; ihre Lebenserwartung ist verkürzt. Dies dürfte sich merklich akzentuieren, was auch auf die Wahl der Baumarten Auswirkungen haben wird. Auch werden die Rasen vermehrt leiden. Der Bedarf nach Bewässerung dürfte deshalb markant ansteigen.

Der jährliche Trinkwasserverbrauch für die Bewässerung von Grünanlagen durch die Stadtgärtnerei entspricht mit rund 130 000 m<sup>3</sup> in etwa der täglichen maximalen Trinkwasserfördermenge der Industriellen Werke Basel. Im Hitzesommer 2003 erreichte die tägliche Trinkwassernachfrage für kurze Zeit dieses Trinkwasserfördermaximum (vgl. Kapitel Trinkwasser). Trinkwasser sollte daher während Trockenperioden eher sparsam verwendet werden. Wasser für die Bewässerung der Parkanlagen und Grünflächen



könnte künftig während Extremsituationen auch teilweise eingeschränkt werden. Es ist folglich sinnvoll, auf den öffentlichen Grünanlagen Pflanzungen und Ansaaten vorzunehmen, welche möglichst wenig Wasser benötigen.

## Handlungsbedarf und Massnahmeansätze

- › Die Stadtgärtnerei kann die Auswahl neu anzupflanzender Bäume und die Gestaltung von Parks gezielt steuern. Bei Bäumen ist darauf zu achten, dass sie lange Trockenphasen im Sommer und hohe Temperaturen gut überstehen, aber auch resistent gegen Spätfröste sind. Vielfalt ist wichtig. Eine geeignete Baumart ist zum Beispiel die Zerr-Eiche (*Quercus cerris*).
- › Mit Trinkwasser soll während Trockenperioden sparsam umgegangen werden. Bäumen sollte ein möglichst grosses erschliessbares Bodenvolumen für die Wurzeln zur Verfügung stehen. Damit haben die Strassenbäume einen besseren Zugang zu Wasser und bessere Überlebenschancen in extrem heissen und trockenen Sommern.
- › Die Baumschule der Stadtgärtnerei betreibt schon heute eine vorausschauende Aufzucht der Jungbäume. Die Bäume werden nicht ständig gegossen und nur geringfügig gedüngt. Somit sind sie den schwierigen Bedingungen, welche sie nach dem Einpflanzen in der Stadt erwarten, gewachsen.
- › Bäume sind im Sommer willkommene Schattenspendler und fördern die Luftqualität. Das wird künftig von noch grösserer Bedeutung sein. Strassenbäume sollten allerdings nicht zu dicht stehen, damit der Luftaustausch möglich ist (vgl. Kapitel Luftqualität und Stadtklima).

Grünflächen darauf zu achten, dass standortgerechte Pflanzungen und Ansaaten vorgenommen werden, welche den zukünftigen klimatischen Bedingungen standhalten. Dies bedeutet vor allem bei den nächsten Projekten einen etwas grösseren Aufwand, um die geeigneten Pflanzungen zu definieren.

Bei der Bewässerung ist mit Mehrkosten zu rechnen, die im Moment aber nicht beziffert werden können.

Im Falle von häufigeren ausserordentlichen Naturereignissen, wie Stürmen, und den Folgeschäden ist ebenfalls mit einem höheren Aufwand zu rechnen.

Für den Umgang mit invasiven Neobiota wurde ein kantonaler Massnahmenplan 2011–2015 erstellt. Für seine Umsetzung wird mit einem finanziellen Mehraufwand von insgesamt CHF 500 000.– für fünf Jahre gerechnet. Die Kosten für die Regulation von Problemlarten werden eher zunehmen; eine genauere Kostenabschätzung ist allerdings schwierig.

## 2.1.3

### Kosten und Dienststellen

Für die Stadtgärtnerei ist im Bereich Baumartenwahl und Begrünungen voraussichtlich mit keinen zusätzlichen Kosten zu rechnen. Es ist vor allem bei der Planung und beim Unterhalt von





# 2.2

## Wald

## 2.2.1 Ausgangslage

12% der Fläche des Kantons Basel-Stadt sind bewaldet. Auf die Gemeinden Bettingen und Riehen entfallen 82% der Waldfläche. Im Vergleich zur Schweiz, mit einem Waldanteil von rund 30%, ist die bewaldete Fläche im Kanton Basel-Stadt gering. Total sind es 429 ha.

Der natürliche Waldbestand besteht zu 92% aus Laubbäumen. Die verbleibenden 8% sind Nadelhölzer, welche aus Pflanzungen stammen. Die Buche ist mit 39% am stärksten vertreten (Abbildung rechts oben). Der Wald ist somit im Kanton Basel-Stadt hinsichtlich seines Anteils an Laub- und Nadelhölzern sowie der Zusammensetzung seiner Baumarten sehr naturnah. Der grösste Teil der Waldstandorte sind Buchenwaldgesellschaften. Eine Ausnahme bilden die Wälder der Wieseebene. Hier findet sich ein schweizweit einzigartiger Lerchensporn-Hagebuchennischwald. Die Buche ist aufgrund des durchlässigen Untergrunds kaum vorhanden.

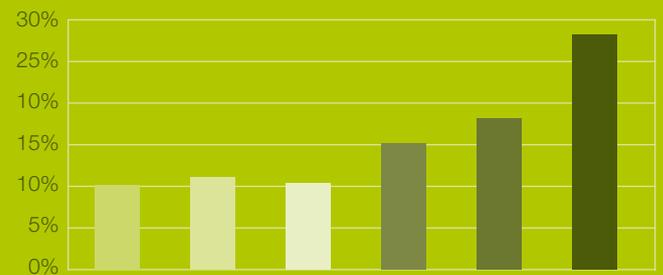
Der Bestandesaufbau der Wälder im Kanton Basel-Stadt zeigt, dass stärkere Bäume mit Durchmessern von mehr als 40 cm übervertreten sind. Demgegenüber sind die mittleren Entwicklungsstadien eher untervertreten (Abbildung rechts unten). In den vergangenen Jahrzehnten wurde der Wald unternutzt. So steht der durchschnittlichen Nutzung von 6 m<sup>3</sup> pro Hektare und Jahr ein Zuwachs von mehr als 8 m<sup>3</sup> pro Hektar und Jahr gegenüber. Obwohl im letzten Jahrzehnt starke Stürme (Vivian, Lothar) hohe Zwangsnutzungen verursacht haben, ist der Vorrat nicht gesunken. So stehen heute auf knapp der Hälfte der Waldfläche Bäume

## Zusammensetzung der Baumarten



Übrige Laubbäume: Ulmen, Erlen, Pappeln, Nussbäume, Kirschbäume, Robinien, Mehlbeeren, Speierlinge und Elsbeeren

## Bestandesaufbau



	Ø in cm	Alter in Jahren
Jungwuchs/Dickung	<12	<15
Schwaches Stangenholz	12–20	15–25
Starkes Stangenholz	20–30	25–40
Schwaches Baumholz	30–40	40–70
Mittleres Baumholz	40–50	70–100
Starkes Baumholz	>50	>100



mit einem Durchmesser von mehr als 40 cm. Holz wird auf der ganzen Waldfläche, ausgenommen im Totalreservat Horngraben, genutzt. Es fällt also auch bei Eingriffen zugunsten des Naturschutzes und der Erholung an. Eine sinnvolle Verwertung aller Holzsortimente drängt sich auf.

## 2.2.2 Klimafolgen – Auswirkungen und mögliche Massnahmen

### Biodiversität und Artenzusammensetzung

Die Vegetation zeigt bereits heute phänologische Veränderungen aufgrund des Klimawandels. Der Temperaturanstieg äussert sich im langjährigen Trend in Form eines früheren Blattaustriebes, in einer Vorverschiebung der Blütezeit sowie in einer Verlängerung der Vegetationsperiode. Die Klimaänderung wird möglicherweise eine Verschiebung der Baumartenzusammensetzung zu wärme liebenden und trockenresistenteren Arten aus südlicher gelegenen Gegenden zur Folge haben. Aufgrund der grossen Baumartenvielfalt in der Region Basel, die auch ein Ergebnis der Waldbewirtschaftung und Waldpflege ist, sind die Risiken jedoch recht gut verteilt. Die Buche als Hauptbaumart erträgt allerdings lang anhaltende Trockenheit nicht sonderlich gut und könnte daher langfristig an ihre Grenzen stossen. Sie weist jedoch eine sehr breite genetische Vielfalt auf, was ihre Anpassungsfähigkeit begünstigt.

### Neobiota, Schädlinge und Krankheitserreger

Erhöhte Temperaturen, häufigere Trockenperioden und der damit verbundene Wasserstress schwächen die Abwehrkräfte der Bäume und machen sie anfälliger für Krankheiten und Schadorganismen. Bei Wassermangel wird die Transpiration der Bäume reduziert, um den Wasserverlust zu minimieren. Gleichzeitig wird dadurch die Nährstoffaufnahme vermindert.

Die Vitalität der Bäume verschlechtert sich und das Wachstum verlangsamt. Auf Schäden durch biotische (Insekten, Pilze) oder abiotische (Sturm, Dürre) Faktoren reagieren die Bäume deshalb

anfälliger. Die Schädigung der Wurzeln mindert wiederum die Wasser- und Nährstoffaufnahme sowie die Resistenz gegen Fäulnis.

Zu den relevanten Waldschädlingen der Region Basel gehört der grosse und kleine Frostspanner, welcher durch seine Raupen den Kahlfrass an Laubbäumen verursacht. Seit 2007 wird zudem in der Schweiz an alten Eschen ein auffälliges Sterben der jungen Triebe beobachtet. Seit kurzem findet man auch in Jungwüchsen und Stangenhölzern erkrankte Eschen, die eine Welke des Wipfeltriebes oder einzelner Seitenzweige aufweisen. Bei Eschenheistern wurde als Verursacher der Pilz *Chalara fraxinea* nachgewiesen. Eichenprozessionsspinner und Goldafter sind ebenfalls auf dem Vormarsch. Die Brennhaare ihrer Raupen können bei Mensch und Tier allergische Reaktionen verursachen. Die Borkenkäferarten sind aufgrund des geringen Nadelholzanteils in der Region Basel weniger von Bedeutung.

In den kommenden Jahren dürften Insektenmassenvermehrungen häufiger auftreten. Dabei dürften die Populationen von bis anhin nicht besonders auffälligen Waldinsekten ansteigen und diese so zu Schädlingen werden lassen. Ein Beispiel ist der Waldmaikäfer, welcher in Süddeutschland regional stark zugenommen hat. Seine Engerlinge fressen die Wurzeln von jungen Waldbäumen. Zusätzlich verändert die Temperaturerhöhung das Vorkommen von Neobiota. Mit dem anhaltenden Trend der Globalisierung durch Warentransport, Individualverkehr und Tourismus sowie der globalen Klimaerwärmung hat und wird sich die Verbreitung noch verstärken. Vor allem Neophyten können teilweise so stark verwildern, dass sie die heimische Artenvielfalt bedrohen und die Funktionen von lokalen Ökosystemen stören. Dabei ziehen solche invasive Arten ganze Baumbestände in Mitleidenschaft. Die natürliche Verjüngung sowie die Produktivität der einheimischen Baumarten werden dabei gestört. Als Beispiele sind die kanadische Goldrute, der japanische Staudenknöterich, der Sommerflieder sowie der Götterbaum zu nennen. Die Arten verhindern durch ihre enorme Wuchskraft das Aufwachsen der einheimischen Flora und verhindern somit eine natürliche Wiederbewaldung. Neben den Auswirkungen auf die einheimische Flora können gebietsfremde invasive Neobiota auch beachtliche ökonomische Schäden verursachen. Hierbei handelt es sich oft um eingeschleppte Forstinsekten oder Pilzarten. Da im Wald der Einsatz von chemischen Mitteln (Dünger, Pestizide) gesetzlich verboten ist, kann gegen auftretende Neobiota und Schädlinge zu meist nichts unternommen werden.



## Sturmschäden und Waldbrandgefahr

Nebst der Klimaerwärmung wirken weitere belastende Faktoren auf den Wald, wie zum Beispiel der erhöhte atmosphärische Stickstoffeintrag. 90% der Schweizer Wälder sind bereits heute mit Stickstoff überversorgt, was zu Bodenversauerung und erhöhter Anfälligkeit der Bäume für Trockenheit und Parasitenbefall führt. Der Stickstoffeintrag begünstigt zwar das Wachstum von Stamm und Krone, hemmt jedoch das Wurzelwachstum. Dadurch

steigt das Sturmschadenrisiko und die aufgrund des Klimawandels möglicherweise häufiger auftretenden Stürme können zu grossflächigen Zerstörungen von Wald führen. Besonders gefährdet sind Monokulturen und flachwurzeln Baumarten wie zum Beispiel die Fichte.

Die Gefahr von Waldbränden wird tendenziell zunehmen. Eine Gefährdung für das Kantonsgebiet wird aber weiterhin als klein beurteilt.

## Handlungsbedarf und Massnahmeansätze

Waldökosysteme sind in der Regel träge Systeme. Da im Wald mit Produktionszeiträumen von 100 bis 180 Jahren gerechnet wird, kann eine Lenkung nur langsam erfolgen. Noch ist keineswegs sicher, wie die komplexen, globalen Zusammenhänge unserer Lokalklima verändern und wie die Bäume darauf reagieren werden. Die empfohlenen Massnahmen sind waldbaulich zweckmässig, fördern die biologische Vielfalt und erhöhen die Stabilität und die Vitalität der Waldbestände. Mit einer langfristig angelegten Strategie der Risikoverteilung kann der Aufwand für eine sukzessive Umgestaltung der Wälder zu einer anpassungsfähigen, wirtschaftlich leistungsfähigen Bestockung über einen längeren Zeitraum verteilt und minimiert werden. Aufgrund des Klimawandels sollen mittels Bewirtschaftung und Pflege folgende waldbaulichen Ziele im Kanton Basel-Stadt verfolgt werden:

› Naturnahe Wälder mit einem hohen Anteil an standortsge-rechten Baumarten und einer dauerhaften, weitgehend natürlichen Verjüngung sind anzustreben. Der Anteil an Gastbaumarten ist massvoll zu halten. Als Richtwerte gelten die Angaben aus dem Kommentar zur vegetationskundlichen Standortkartierung der Wälder (Jacques Burnand, Beate Hasspacher 1999).

- › Die Biodiversität ist einerseits durch Förderung der schwach vertretenen Arten und andererseits durch Einbringen zusätzlicher Baumarten zu fördern. Hohe Artenvielfalt ist gegenüber Veränderungen toleranter und macht die Waldbestände widerstandsfähiger. Die vorhandene Baumartenmischung ist somit zu intensivieren. Bei der Pflege und Durchforstung sind die schwach vertretenen Baumarten im Bestand zu fördern. Massvolles Anreichern mit Baumarten weiterer Standortsamplitude und mit standörtlich geeigneten Wirtschaftsbaumarten kann einen weiteren Beitrag zur Stabilität und Vitalität leisten.
- › Die genetische Vielfalt der Baumarten und Bestände ist zu fördern. Sie erhöht die Toleranz einzelner Baumarten gegenüber Umweltveränderungen und damit die Anpassungsfähigkeit von Waldbeständen. Dies wird durch natürliches Verjüngen mit langen Zeiträumen im Femelschlagwald und durch immerwährendes Verjüngen im Dauerwald erreicht. Für die Ansamung sind örtlich stärkere Bestandesöffnung oder bei Pflanzungen das Einbringen von Licht- und Halblichtbaumarten unter Verwendung verschiedener Provenienzen zu berücksichtigen. Gäste geeigneter Provenienzen sind in genügender Zahl, respektive truppweise einzubringen.



## Waldbewirtschaftung

Feuchtere Winter wirken sich auf die Waldbewirtschaftung und Waldpflege aus. So werden kalte Frosttage, an denen der Waldboden gefroren ist, seltener. Gefrorene Böden sind gut tragfähig und verdichten sich beim Maschineneinsatz kaum. Bei feuchteren und wärmeren Wintern ist kein optimaler Maschineneinsatz mehr möglich, was entweder zu grösseren Schäden auf den Fahrtrassen oder zur Minderung des Arbeitsvolumens führt.

- › Die Vitalität ist durch einen optimalen Kronenausbau, durch die Reduktion des Bestandesalters und durch eine gute Artensammensetzung zu fördern. Die Nutzung des Zuwachses und das Absenken des Vorrats sind so zu gestalten, dass ein optimaler Kronenausbau und das Erreichen der Reife in kürzerem Zeitraum ermöglicht werden. Das bedeutet, dass die Bäume früher geerntet werden müssen. Der optimale Kronenausbau führt zu intensiverem Wachstum und erhöhter Vitalität, mehr Widerstandskraft im Wind und im Trockenstress wie auch gegenüber Immissionen und Waldschädlingen. Weniger Vorrat bedeutet aber auch mehr Licht und steht damit im Einklang mit dem Ziel, die vorhandene Baumartenmischung zu intensivieren.
- › Die Pflege und Nutzung wie auch die damit verbundene Förderung des Holzabsatzes und Holzverwertung ist eine Grundvoraussetzung, damit die Vitalität und Stabilität des Waldes erreicht werden können. Dies erfordert einen schonenden Waldbau auf Problemstandorten. Böden, welche zur Verdichtung und zur schnellen Versauerung neigen, benötigen eine besondere Sorgfalt. Arten mit leicht abbaubarer Streu sollen den Zielbestand längstmöglich begleiten. Günstige Streu produzieren Ahorn, Linden, Kirsche, Esche, Birken, Vogelbeeren, Hagebuche, Sorbus-Arten, Erlen, Weiden u. a. Die Blätter von Eiche und Buche

## 2.2.3

### Kosten und Dienststellen

Für die Erhöhung der Baumartenvielfalt sowie die Förderung der Vitalität und Stabilität des Waldes sind in Zukunft die Pflegebeiträge an die Waldeigentümer zu erhöhen, damit sie diese Massnahmen im Wald umsetzen. Die Pflegebeiträge werden um etwa ein Viertel gegenüber den heutigen Beitragssummen erhöht werden müssen. Dies bedeutet eine Erhöhung der jährlichen Pflegebeiträge von heute CHF 75 000.– auf rund CHF 94 000.–.

- und die Nadeln von Fichte und Föhre sind schwer abbaubar. Auf Kahlschläge ist zu verzichten und der Rohstoff Holz bodenschonend zu ernten.
- › Die Bestände sind auf Stabilität hin zu pflegen. Bei Extremereignissen ist eine möglichst hohe Stabilität unverzichtbar. Der Aufbau stabiler Bestände wird durch die Förderung grosskroniger Bäume und die Stufigkeit erreicht.
- › Tragbare Wildbestände beugen einer Entmischung der artenreichen Verjüngung vor. Die Wildbestände sind so zu regulieren, dass die gewünschte Vielfalt nicht durch Verbiss zunichte gemacht wird.
- › Der erhöhte Stickstoffeintrag aus der Luft schlägt sich vorzugsweise in den Wäldern nieder, da diese eine Filterwirkung zeigen. Die Stickstoffemissionen aus Verkehr, Industrie und Landwirtschaft sollen deshalb verringert werden. Eine grenzüberschreitende Zusammenarbeit ist notwendig.
- › Um mögliche Gefährdungen und Risiken für den Wald rechtzeitig erkennen zu können, soll sich der Kanton Basel-Stadt weiterhin an der Interkantonalen Walddauerbeobachtung, einer wissenschaftlichen Langzeitstudie über Veränderungen im Waldökosystem, beteiligen.





# 2.3

# Landwirtschaft

## 2.3.1 Ausgangslage

Die Landwirtschaft des Kantons Basel-Stadt ist gekennzeichnet durch Betriebe mit grossen Flächen, eher extensiver Bewirtschaftung und eher geringen Tierbeständen. Die meisten Betriebe vermarkten ihre Produkte direkt an die Konsumenten.

Im Kanton Basel-Stadt bewirtschaften 10 Betriebe, davon 8 im Haupterwerb, rund 427 ha landwirtschaftliche Nutzfläche. Die durchschnittliche Betriebsgrösse liegt mit 42,7 ha pro Betrieb, respektive 51,1 ha pro Haupterwerbsbetrieb weit über dem schweizerischen Durchschnitt (17,6 ha, resp. 21,5 ha). Drei Betriebe werden als Bio-Betriebe geführt. Zusätzlich werden 4,8 ha Reben durch zwei grössere und einige kleinere Rebbetriebe bewirtschaftet.

Die Landwirtschaftsbetriebe betreiben auf 35% der landwirtschaftlichen Nutzfläche Ackerbau (150 ha). Gemüsebau wird praktisch keiner betrieben, dafür hat ein Betrieb ein grösseres Blumenfeld. Rund 3,5 ha werden obstbaulich genutzt, die restliche Fläche ist Grünland. Grössere Flächen werden extensiv als ökologische Ausgleichsflächen bewirtschaftet. Zwei Betriebe halten Milchvieh, drei Betriebe Mutterkühe. Die Schweinehaltung beschränkt sich auf kleinere Bestände. Zwei Betriebe halten Aufzuchttrinder, je einer Schafe und Pensionspferde. Der gesamte Tierbestand umfasst 265 Grossvieheinheiten (GVE). Der Tierbesatz ist mit 0,62 GVE/ha sehr tief.

## 2.3.2 Klimafolgen – Auswirkungen und mögliche Massnahmen

Die Landwirtschaft gehört zu den Hauptbetroffenen des Klimawandels. Rund 80% des landwirtschaftlichen Ertrages hängen direkt vom Wetter und Klima ab. Neben der Temperaturänderung sind vor allem die Auswirkungen auf die Wasserverfügbarkeit (Trockenperioden im Sommer, vernässte Böden im Winter) und die Zunahme von Extremereignissen (Hitzeperioden, Starkniederschläge, Stürme, Hagel) relevant.

### Temperatur, Vegetationsperiode

Der Anstieg der durchschnittlichen Temperatur über das ganze Jahr hinweg führt zu einer Verlängerung der Vegetationsperiode. Bei einer moderaten Erwärmung von 2 bis 3°C kann die Landwirtschaft mittelfristig von einer erhöhten Produktivität profitieren, wenn eine höhere CO<sub>2</sub>-Konzentration in der Luft und eine verlängerte Vegetationsperiode bei günstiger Wasser- und Nährstoffsituation das Pflanzenwachstum fördert und damit den Ertrag steigert. Zugleich ermöglicht eine verlängerte Vegetationsperiode den Anbau von neuen Kulturen. Wärmeliebende Kulturen wie Mais, Sonnenblumen oder Soja könnten vermehrt angebaut werden. Zwei Fruchtarten und Ernten pro Jahr wären bei günstigen Bedingungen, d. h. bei genügend Wasser im Sommer, möglich.

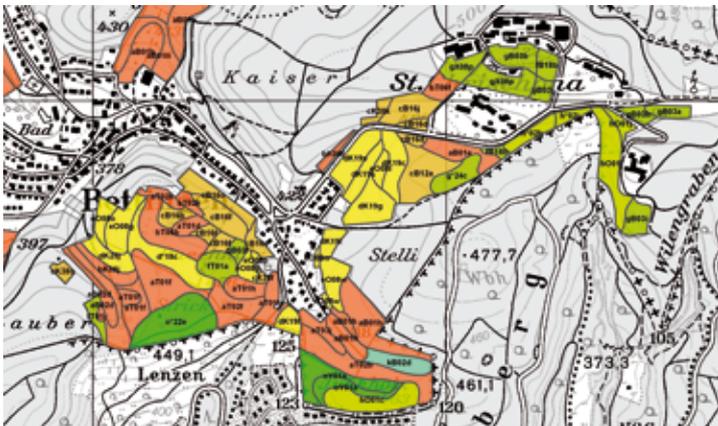


# Landwirtschaft im Kanton Basel-Stadt



## Wasserverfügbarkeit

Die Landwirtschaft im Kanton Basel-Stadt deckt ihren Wasserbedarf hauptsächlich mit natürlichen Niederschlägen. Am meisten Wasser benötigt der Gemüsebau, gefolgt vom Obst- und Ackerbau sowie vom Futterbau. Durch die vorhergesagte Klimaänderung mit Niederschlagsabnahmen im Sommer nimmt die sommerliche Austrocknung der Böden zu, wobei nicht alle Regionen in Basel gleich stark betroffen sein werden, da der Boden unterschiedlich geschaffen ist. Grösstenteils sind die Böden sehr wasserdurchlässig, was wasserbedürftige Kulturen wie Kartoffeln, Gemüse, Mais, Blumen oder Obst ohne Bewässerungseinrichtung gefährdet. Eine Bewässerungsinfrastruktur ist bei diesen Kulturen auf mittlere Sicht unabdingbar. Aber auch beim Futter- und Ackerbau können erhebliche Ertragseinbussen entstehen, wie dies der Hitzesommer 2003 bereits gezeigt hat. Sonnenblumen und Soja sind hingegen wasserstresstoleranter.



Ausschnitt aus der Bodenkarte des Kantons Basel-Stadt

Der Betrieb Bäumlhof in Riehen hätte die Möglichkeit, sein rund 6 ha grosses Blumenfeld mit Rheinwasser zu bewässern. Eine Leitung der Industriellen Werke Basel führt unter dem Land hindurch. In den letzten Jahren wurde die Bewässerung jedoch nicht zugelassen, da etliche Flächen in der Grundwasserschutzzone S1 oder S2 liegen, in der keine Bewässerung erlaubt ist.

## Handlungsbedarf und Massnahmeansätze

- › Basierend auf einem angebotsorientierten Wassermanagement ist Wasser in der Landwirtschaft effizient, standortgerecht und koordiniert zu nutzen. Somit ist nach Möglichkeit die Sortenwahl, das Anbausystem und die Bodenbearbeitung entsprechend der Wasserverfügbarkeit zu gestalten.
- › Mit einer künstlichen Bewässerung kann zusätzlich der langandauernden Trockenheit während Hitzesommer entgegen gewirkt werden. Vor allem intensivere Kulturen wie Obst, Gemüse und Blumenfelder werden künftig auf eine Bewässerung angewiesen sein. Der Kanton Basel-Stadt sollte mit dem Rhein genügend Wasser für die Bewässerung zur Verfügung stellen können. Für die Wasserentnahme sind entsprechende Regelungen zu treffen. Allenfalls sind die Bewirtschafter bei der Erstellung von Bewässerungsanlagen zu unterstützen. In der Gewässerschutzzone S1 und S2 darf allerdings nicht mit Rheinwasser bewässert werden.
- › Die Verordnung über die Strukturverbesserung in der Landwirtschaft (SV) sieht bereits heute vor, dass für Massnahmen zur Erhaltung und Verbesserung von Struktur und Wasserhaushalt des Bodens Beiträge und Investitionskredite von Bund und Kanton gewährt werden können. Darunter fallen unter gewissen Auflagen auch Bewässerungen.

## Bodenerosion und Bodenfruchtbarkeit

Die Niederschlagszunahme im Winter birgt die Gefahr von Nährstoffauswaschungen. Zudem verhindern vernässte Böden oft eine optimale Bewirtschaftung im Frühjahr. Im Raum Basel sind vernässte Böden aufgrund der sehr guten Wasserdurchlässigkeit aber wenig bedeutsam und auf eine sehr kleine Fläche begrenzt.

Im Sommer verschärft die Zunahme längerer Trockenheitsperioden verbunden mit Starkniederschlägen die Problematik der Bodenerosion. Zudem weht der Wind bei anhaltender Trockenheit Lockermaterial aus und trägt ebenfalls zur Bodenerosion bei. Eine fehlende Vegetation begünstigt diesen Vorgang. Der Kanton Basel-Stadt ist mit seinen leichten, wasserdurchlässigen Böden bezüglich Bodenerosion stark betroffen.



*Bodenerosion*

Bodenerosion führt immer die biologisch aktivste, humushaltige Feinerde mit, was langfristig zu einer verminderten Bodenfruchtbarkeit führen kann. Im Gegensatz dazu zeigen Forschungsergebnisse jedoch, dass ein Anstieg der durchschnittlichen Temperatur von 2 bis 3°C die Bodenfruchtbarkeit in Breitengraden nördlich des Mittelmeers in den nächsten 40 bis 60 Jahren zwischen 5 und 25% zunehmen lässt.

## Handlungsbedarf und Massnahmeansätze

Um die Erosion auf Ackerflächen einzudämmen, muss primär dafür gesorgt werden, dass sich Regenwasser nicht auf der Bodenoberfläche ansammelt und oberflächlich abfließt. Der Boden sollte idealerweise ständig mit Ernteresten oder sogenannten Bodendeckern vor äusseren Einwirkungen geschützt bleiben. Das lässt sich durch drei Arten von Massnahmen erreichen.

- › Förderung des fruchtbaren Bodens: Humusversorgung, Kalkung, schonende Bodenbearbeitung, Vermeiden von Bodenverdichtung und -verkrustung, um die Wasseraufnahmefähigkeit des Bodens zu fördern.
- › Mulchbewirtschaftung: Belassen von Pflanzenresten auf der Bodenoberfläche (Mulch). Eine Mulchdecke bricht die Aufschlagskraft der Regentropfen, erhöht die Wasserinfiltration in den Unterboden und vermindert damit den Oberflächenabfluss. Die Direkt- oder Streifenfrüsaat unterstützt dieses Vorhaben.
- › Fruchtfolge: Erosionsanfällige Kulturen durch weniger anfällige ersetzen, Anbauwechsel mit erosionshemmenden Kulturen wie Raps oder Grünland, vielseitigere Fruchtfolgen, vor allem Zwischenfruchtbau.

Diese Massnahmen helfen ebenfalls die Bodenfruchtbarkeit nachhaltig zu verbessern und zu erhalten. Sie werden in einem von Bund, Kanton und den Gemeinden Riehen und Bettingen unterstützten Projekt – Ressourcenprojekt Bodenfruchtbarkeit – seit Mitte 2008 umgesetzt. Darin haben sich die Basler Landwirte verpflichtet, über sechs Jahre hinweg erosionsvermindernde Bewirtschaftungsmethoden einzusetzen.

Zur Vermeidung von Bodenerosion sind die Erkenntnisse des Ressourcenprojektes «Bodenfruchtbarkeit» weiterzuführen. Da das Ressourcenprojekt auf sechs Jahre begrenzt ist und die nachhaltige Wirkung zwar angestrebt, aber nicht garantiert werden kann (Bewirtschafteter haben nach Ablauf nur die Mehrarbeit oder den Minderertrag, ohne Entschädigung), sind allfällige Nachfolgeprogramme zu diskutieren.

## Neobiota, Schädlinge und Krankheitserreger

Die Verbreitung von Insekten, Unkräutern und Krankheitserregern wird durch das Klima geprägt, da Temperatur, Licht und Wasser wichtige Motoren ihres Wachstums und ihrer Entwicklung sind.

Einerseits werden die meisten Schaderreger wie bereits oben erwähnt im Allgemeinen durch warme und feuchte Bedingungen begünstigt. Steigen die Temperaturen, so vermehren sich die Insekten stärker. Warme Winter reduzieren die Wintersterblichkeit und führen zu einem Anstieg der Population im Frühling und Sommer. Zudem werden Neobiota, die auf ein wärmeres Klima angewiesen sind, erwartet. Als Beispiele dazu seien der Maiszünsler und die Blauzungenkrankheit bei Wiederkäuern erwähnt, welche in den letzten Jahren neu auftraten. In einem wärmeren Klima steigt zudem das Risiko für verschiedene Pflanzenkrankheiten. Durch die Verschiebung der Vegetationsperiode ist auch der Befall von neuen Kulturen möglich.

Andererseits wird eine geschwächte Nutzpflanze bei Trockenheit leichter von Pilzen befallen, als wenn sie genügend Wasser bekommt und stark und gesund ist. Dasselbe gilt für Unkräuter.

Trockene Bedingungen verschärfen den Wettbewerb zwischen Kulturpflanzen und Unkräutern. Eine stärkere Vermehrung der Unkräuter ist die Folge.

## Handlungsbedarf und Massnahmeansätze

Die Klimaveränderung wird Schädlinge, Krankheitserreger und Unkräuter eher begünstigen und neue Schadorganismen werden auftreten.

- › Mit einem konsequenten Fruchtwechsel lassen sich Krankheiten sowie Schädlings- und Unkrautbefall wirksam begrenzen. Ein vorübergehender Befall eines Schädlings aus den Nachbarländern aufgrund von Monokulturen (z. B. Maiswurzelbohrer) kann aber nicht ausgeschlossen werden.
- › Bei künstlichen Bewässerungen ist darauf zu achten, dass die Bedingungen für die Verbreitung von Krankheitserregern nicht gefördert werden.





## Ertragseinbussen

Eine moderate Klimaänderung von 2 bis 3°C wird sich in vielen Fällen günstig auf die Landwirtschaft und deren Erträge auswirken. Erst bei einer noch stärkeren Erwärmung werden die Nachteile überwiegen. Auch extreme Wetterlagen wie Trockenheit, Starkniederschläge oder Stürme wirken sich negativ auf die landwirtschaftliche Ernte aus. Das Hagelrisiko ist im Kanton Basel-Stadt gemäss Hagelkarte Schweiz leicht erhöht. Andere Faktoren wie erhöhte Luftschadstoffe (z.B. Ozon), zunehmende UV-B-Strahlung oder Veränderungen im Nährstoffhaushalt (durch Trockenheit weniger Nährstoffe verfügbar) können ebenfalls zu Ertragseinbussen führen.

### 2.3.3

## Kosten und Dienststellen

Insgesamt kann der Basler Landwirtschaft eine genügend grosse Anpassungsfähigkeit attestiert werden, um sich durch geeignete Massnahmen im Bereich der Kulturen- und Sortenauswahl, Anbauverfahren sowie der Betriebsführung an die künftigen Klimaänderungen anzupassen. Umfassende Massnahmen oder Gesetzesanpassungen sind nicht nötig. Die grösste Herausforderung besteht in der Witterungsvariabilität respektive der Zunahme von Extremereignissen. Die extensive Bewirtschaftung grosser Flächen zeigt sich in Bezug auf die Klimaveränderungen als sehr tolerant. Die Folgen des Klimawandels tangieren die Bodenfruchtbarkeit der Böden in Basel-Stadt aufgrund ihrer Tiefgründigkeit eher wenig. Der Kanton Basel-Stadt ist aber mit seinen grösstenteils leichten und wasserdurchlässigen Böden bezüglich Boden-erosion stark betroffen, was die Bodenfruchtbarkeit langfristig doch negativ beeinflusst.

Für das seit 2008 lancierte und auf 6 Jahre begrenzte Ressourcenprojekt Bodenfruchtbarkeit erhalten die Landwirte für allfälligen Mehraufwand oder Minderertrag eine Entschädigung. Die Unterstützung des Projektes basiert auf den Artikeln 77a und b des Bundesgesetzes über die Landwirtschaft (LwG). Das Ressourcenprojekt wird mit jährlich rund CHF 20 000.– von Bund, Kanton und Gemeinden unterstützt.





## 2.4

# Fliessgewässer und Gewässerökologie

## 2.4.1 Ausgangslage

Im Kanton Basel-Stadt sind von den rund 38 Gewässerkilometern (ohne Rhein) nur 16% in einem strukturell naturnahen Zustand, der Rest ist entweder eingedolt oder stark beeinträchtigt (Abb. rechts). Der Rhein, welcher zu Gunsten der Grossschifffahrt und der Energieerzeugung ausgebaut wurde, ist ebenfalls als «naturfremd» zu betrachten. Hart verbaute, monotone Längs- und Querprofile, für die Fauna unüberwindbare Hindernisse sowie fehlende Ufergehölze und Überschwemmungsbereiche stellen heute die wesentlichen Strukturdefizite dar. Neben weiteren Faktoren beeinflussen auch die chemische Gewässerqualität (z. B. hormonaktive Stoffe), die Veränderung des Abflussregimes als Folge der Wasserkraftnutzung und die Erhöhung der Wassertemperatur die Zusammensetzung und Entwicklung der aquatischen Lebensgemeinschaften.

Von den ursprünglich 45 Fischarten sind heute noch 36 Arten in mehr oder weniger grossen Beständen vorhanden. Flusskorrekturen und Staustufen haben die Strömungsdynamik und den Geschiebehalt derart stark verändert, dass viele Kiesbänke als Laichgründe und Jungfischhabitate verschwanden. Kies liebende Fischarten wie Bachforelle und Äsche müssen deshalb durch künstlichen Besatz gestützt werden. Wanderfische wie Lachs, Maifisch, Flussneunauge etc. können aufgrund der zahlreichen Wanderhindernisse ihre ursprünglichen Laichgründe nicht mehr erreichen und sind ausgestorben oder vom Aussterben bedroht.

## 2.4.2 Klimafolgen – Auswirkungen und mögliche Massnahmen

### Wassertemperatur und Flusswassernutzung

Die Gewässertemperatur folgt primär der Lufttemperatur, allerdings zeitlich etwas verzögert. Meteorologische Einflüsse wie Schlechtwetterlagen im Sommer und Winter wirken kurzfristig kühlend, respektive wärmend und können grosse Unterschiede in der Jahresganglinie der Gewässertemperatur bewirken. Die Jahresganglinie kann jedoch auch zusätzlich durch den kühlenden Effekt von Grundwasserexfiltrationen gesenkt (Birs) oder durch Seen in ihrer Funktion als Wärmespeicher erhöht werden (Rhein). Die Auswirkungen des Klimawandels werden zusätzlich durch anthropogene Faktoren noch verstärkt. Dazu gehören unter anderem Stauräume, Restwasserstrecken, fehlende Ufergehölze, Abwassereinleitungen von Kläranlagen sowie Kühlwassereinleitungen von Kernkraftwerken und Industrie- und Gewerbebetriebe.

Auf Basis der nationalen Zeitreihen stellt das BAFU bereits seit 1977 eine Temperaturzunahme an verschiedenen Messstationen von 0,1 bis 1,2°C fest. Während sich die mittlere Jahrestemperatur des Rheins bei Weil um 1,1°C erhöhte, waren es bei der Birs in Münchenstein lediglich 0,6°C. Seit Beginn der Messperiode wird bei beiden Gewässern eine Zunahme der Anzahl Stunden mit Wassertemperaturen zwischen 21 und 24°C festgestellt. Beim Rhein nahm auch die Anzahl Stunden mit Temperaturen über 24°C zu. Auch die Wiese bleibt von der zunehmenden Gewässererwärmung der letzten Jahrzehnte nicht verschont. Regelmässig werden in den Monaten Juni bis August Temperaturen von mehr als 18°C gemessen.

Vor allem beim Rhein führt die Kühlwassereinleitung während Sommermonaten zu Interessenskonflikten mit der Gewässerökologie. Während den Sommermonaten, wenn der Rhein bereits hohe Temperaturen aufweist, beansprucht die chemische Industrie die höchste Kühlleistung und führt so dem entnommenen Kühlwasser grosse Mengen an Abwärme zu. Die Einleittemperaturen bewegen sich während der wärmsten Jahreszeit im Bereich des Grenzwertes von 30°C, manchmal sogar geringfügig

## Ökomorphologiekarte der Gewässer des Kantons Basel-Stadt (ohne Rhein)



### Legende

	nicht beurteilt	
	natürlich/naturnah	2%
	wenig beeinträchtigt	14%
	stark beeinträchtigt	38%
	naturfremd/künstlich	19%
	eingedolt	27%

Tagesmittelwerte der Wassertemperatur in den Jahre 2003 (Hitzesommer), 2008 und 2009. Bei Forellen und Äschen treten Stresssymptome ab 18°C ein. Temperaturen ab 24°C können bereits tödlich sein. Die Mortalität von Bachforellen ist dann erreicht, wenn die durchschnittliche tägliche Wassertemperatur während mehrerer Tage über 15°C steigt.

Gewässer, Messstelle	Max. Tagesmittel	Anzahl Tage Tagesmittel $\geq 15^{\circ}\text{C}$	Anzahl Tage Tagesmittel $\geq 25^{\circ}\text{C}$
<b>Rhein, Palmrainbrücke</b>	2003: 26°C 2008: 22,6°C 2009: 24,2°C	2003: 145 d 2008: 146 d 2009: 155 d	2003: 15 d 2008: 0 d 2009: 0 d
<b>Birs, Münchenstein</b>	2003: 23,1°C 2008: 19,7°C 2009: 21,2°C	2003: 123 d 2008: 83 d 2009: 124 d	2003: 0 d 2008: 0 d 2009: 0 d
<b>Wiese, Freiburgerstrasse</b>	2003: keine Angabe 2008: 22,0°C 2009: 22,6°C	2003: keine Angabe 2008: 102 d 2009: 137 d	2003: keine Angabe 2008: 0 d 2009: 0 d



darüber. Im Hitzesommer 2003 lag die Temperatur des Rheins während mehreren Tagen über 25°C (Tabelle oben), diejenige des eingeleiteten Kühlwassers bei maximal 32,4°C. Gemäss den Bestimmungen der Gewässerschutzverordnung hätten die flusswassergestützten Kühlanlagen also stillgelegt werden müssen. Da dies weitreichende wirtschaftliche Konsequenzen nach sich gezogen hätte, erteilten die Behörden eine temporäre Ausnahmegewilligung.

Aber auch die Stromerzeugung (Kernkraft) ist von der Gewässertemperatur abhängig. Die Leistung der Kernkraftwerke musste während des Hitzesommers 2003 aufgrund der gedrosselten Kühlleistung für zwei Monate um 25% gesenkt werden. Der Temperaturanstieg der Fliessgewässer ist deshalb nicht nur ein kantonales Problem, sondern als schweizweite und sogar internationale Herausforderung zu verstehen. Die Internationale Kommission zum Schutze des Rheins (IKSR) hat sich der Problematik der Wärmebelastung des Rheins ebenfalls angenommen. Bereits im Jahre 1988 bekräftigten die zuständigen Minister der Rheinanliegerstaaten in einer gemeinsamen Erklärung, den Rhein vor Erwärmung zu schützen. Die Eindrücke des Sommers 2003 veranlassten die IKSR, ihre Anstrengungen zur Verminderung des Wärmeeintrags zu verstärken und auf der Basis von nationalen Situationsberichten einen Informationsaustausch zur Wärmelastproblematik durchzuführen. Die zunehmenden Wassertemperaturen des Rheins rücken demzufolge auf die Traktandenliste sämtlicher Rheinanliegerstaaten.



## Handlungsbedarf und Massnahmeansätze

### Temperaturüberwachung

Um die lokale Entwicklung der Gewässertemperatur beobachten und entsprechende Massnahmen beschliessen zu können, bedarf es einer kontinuierlichen Temperaturüberwachung und Auswertung auch jener Gewässer, die nicht zum nationalen Überwachungsmessnetz gehören, aber aufgrund ihres ökologischen Potenzials oder ihrer Nutzung von Bedeutung sind (z. B. Wiese, St. Alban-Teich, Riehenteich).

Die in Fließgewässer abgeleiteten Wärmefrachten sind flächendeckend zu reduzieren. Im Hinblick auf kommende Hitzesommer ist eine Verschärfung der Anforderungen für die Rückführung von Wasser im Kanton zu prüfen.

### Flusswassernutzung

Lösungsansätze für einen verminderten Wärmeeintrag konzentrieren sich auf Massnahmen in der chemischen Industrie, die nach dem Grundsatz der Nachhaltigkeit von Fall zu Fall beurteilt werden müssen:

- › Wiederverwertung der Abwärme von Anlagen für andere, auf Wärme angewiesene Prozesse
- › Optimierung der technischen Anlagen im Hinblick auf eine Reduktion des Kühlbedarfs
- › Ersatz von Flusswasser durch Grundwasser. Dabei sind geschlossene Grundwasserkreisläufe herzustellen, indem je nach Gebiet im Sommer dem Grundwasser Kälte entzogen (mit Grundwasser kühlen) und im Winter wieder zugeführt wird (mit Grundwasser heizen)
- › Andere technische Massnahmen zur Entsorgung der Abwärme (z. B. Kühltürme)

## Aquatische Organismen

### Artenzusammensetzung

Die optimalen und letalen Temperaturbereiche der verschiedenen Fischarten und deren Lebensstadien unterscheiden sich. Während sich höhere Wassertemperaturen im Winter positiv auf die

Wachstumsphase von Fischeiern und Brütlingen auswirken, steigt die Mortalität sensibler Fischarten im Sommer. Langfristig werden vor allem «Kaltwasserfische» wie Bachforellen und Äschen in höhere und damit kühlere Regionen verdrängt. Von höheren Wassertemperaturen profitieren die Populationen der Karpfenartigen und der Barsche.

Eintagsfliegen- und Steinfliegenlarven, die kühlere Temperaturen lieben, könnten vermehrt durch weniger temperatursensible Libellenlarven und Köcherfliegen ersetzt werden.

### Fischsterben durch mangelndes Sauerstoffangebot

Die steigenden Wassertemperaturen verringern die Löslichkeit von Gasen, was zu einer reduzierten Verfügbarkeit von gelöstem Sauerstoff führt. Zugleich beschleunigen höhere Temperaturen die mikrobiologischen Abbauprozesse im Gewässer. Damit nimmt der Sauerstoffbedarf zu. Bei gleichzeitig verringertem Sauerstoffangebot kann dies für viele Wasserorganismen zu lebensbedrohlichen Situationen führen. Heisse Sommer mit langen Niedrigwasserperioden können ein Sterben von Fischen und ihrer Nährtiere verursachen.

Im Hitzesommer 2003 wurde im Basler Rhein das Tagesmittel von 25°C an 15 Tagen in Folge erreicht. Während im Schaffhauser Hochrhein Tausende von Äschen starben, wurde in Basel glücklicherweise kein Fischsterben festgestellt. Vermutlich konnten die temperatursensiblen Fischarten in kühlere Zuflüsse flüchten.

### Neobiota und Krankheitserreger

Als Folge der Klimaveränderung steigt die Gefahr der Verbreitung wärmeliebender, invasiver Neozoen. Im Rhein besteht bereits heute die Biomasse der in der Gewässersohle lebenden Kleintiere zu 95% aus gebietsfremden Arten, die mehrheitlich aus dem osteuropäischen Raum stammen. Mit weiteren Neuzuzüglern aus dem Tier- und Pflanzenreich ist zu rechnen. Langfristig ist eine Verdrängung einheimischer Arten und damit eine Abnahme der Biodiversität zu befürchten.

Der Ausbruch von Fischkrankheiten, wie z. B. der proliferativen Nierenkrankheit (PKD) bei Salmoniden wie Bachforellen, wird durch steigende Wassertemperaturen begünstigt. Die Krankheit gilt als eine der wesentlichen Ursachen für den massiven Rückgang der Bachforelle seit den 1980er Jahren. Der Erreger von PKD vermehrt sich, wenn die durchschnittliche tägliche Wasser-



temperatur während mehrerer Tage über 15°C liegt. Aus der Tabelle auf Seite 58 wird ersichtlich, dass aufgrund der hohen und lang andauernden Sommertemperaturen der künstliche Besatz mit Forellen schon heute problematisch ist.

Auch andere Krankheiten, wie Pilz- und Parasitenbefall, dürften mit steigenden Wassertemperaturen häufiger auftreten und die Fischpopulationen schwächen bzw. dezimieren. Durch das Aufkommen fremdländischer Fischarten könnten zusätzliche Fischkrankheiten auftreten.

### **Abflussregime**

Wenn als Folge der Klimaerwärmung extreme Wetterereignisse zunehmen, ändert sich das Abflussregime im Jahresverlauf, was wiederum Auswirkungen auf die Fauna der Gewässer nach sich zieht. Heisse Sommer mit längeren Niederwasserperioden haben grössere Fisch- und Fischnährtiersterben zur Folge (siehe Abschnitt Fischsterben). Höhere Abflussereignisse im Winter führen bei monoton verbauten Gewässern – d.h. mit fehlenden strömungsberuhigten Rückzugsbereichen – zur Abschwemmung von Jung- oder Kleinfischen. Dies ist einer der Gründe, weshalb die Nase, die zum Laichen vom Rhein in die Wiese aufsteigt, vom Aussterben bedroht ist. Mit den Frühlingshochwassern werden die jungen Brütlinge in den Rhein abgeschwemmt, so dass in der Wiese keine Jung-Nasen mehr zu finden sind.

## Handlungsbedarf und Massnahmeansätze

### **Revitalisierung**

Die Revitalisierung der Gewässer stellt eine prioritäre Massnahme gegen die Folgen der Klimaerwärmung dar:

- › Eine ausreichende Beschattung kann eine Abkühlung des Gewässers um mehrere Grad Celsius bewirken. Aus diesem Grund ist darauf zu achten, dass die Uferbereiche ausreichend mit Gehölzen bestockt sind. Des Weiteren müssen die revitalisierten Abschnitte gezielt mit Kiesbänken, Buhnen, Totholz etc. strukturiert werden, damit eine ausreichend tiefe Niederwasserrinne entsteht.
- › Mit der naturnahen Umgestaltung wird die Vernetzung zwischen Fliessgewässern und Grundwasser wiederhergestellt, was im Sommer zum gewünschten Temperatureausgleich führt. Zu beachten ist indessen, dass bei Hochwasser eine höhere Verzahnung von Grund- und Oberflächenwasser zur Überflutung ufernaher Keller sowie in der Grundwasser-schutzzone zu unerwünschten Verkeimungen von Trinkwasserbrunnen führen kann (vgl. Kapitel Trinkwasser).
- › Bei einer besseren Vernetzung der Seitengewässer mit dem Hauptgewässer können Fische bei Hitze und Hochwasser geeignete Rückzugsorte erreichen. Durch die Wiederherstel-

lung naturnaher Gewässerstrukturen kann die Konkurrenz-kraft einheimischer Arten gegenüber gebietsfremden gesteigert werden. Damit könnte auch die Gefahr zusätzlicher neuer Fischkrankheiten reduziert werden.

### **Gewässernutzung**

- › Bei der Nutzung eines Gewässers müssen künftig die klimatischen Veränderungen stärker als bisher berücksichtigt werden. Zu berücksichtigen sind beispielsweise die kraftwerkbedingten Auswirkungen. Als Folge des Rückstaus verschärft sich die Gewässererwärmung zusätzlich.
- › Trockene Sommer könnten den Bewässerungsbedarf und damit auch die Wasserentnahmen aus Fliessgewässern möglicherweise erhöhen. Hierfür sind entsprechende gesetzliche Regelungen zu erarbeiten.

### **Fischereiliche Bewirtschaftung**

- › Die fishereiliche Bewirtschaftung muss an die veränderten klimatischen Bedingungen angepasst werden. Wenn aufgrund wärmerer Wassertemperaturen der Bestand der Edel-fische noch stärker als bisher zurückgeht und nur mit höherem Besatz kompensiert werden kann, wird sich die fishereiliche Bewirtschaftung auf wärmetolerantere, einheimische Fischarten konzentrieren müssen (z. B. Zander, Barbe, Rotaugen).



## 2.4.3

### Kosten und Dienststellen

Die verschiedenen Massnahmen des Handlungsfelds Wassertemperatur und Flusswassernutzung sind punkto Wirksamkeit, Realisierungszeit und Kostenaufwand sehr unterschiedlich. Bei der Beurteilung sind die Grundsätze der Nachhaltigkeit zu berücksichtigen, was eine vertiefte Abklärung auf Konzeptstufe erfordert. Die Konzepte wurden von der chemischen Industrie auf Verlangen der Behörden erstellt. Sie sehen eine auf die Bedürfnisse des jeweiligen Werkstandorts angepasste, unterschiedliche Kombination von verschiedenen Massnahmen vor. Deren Umsetzung erfordert für Industrie und Gewerbe viel Zeit und Geld.

Die Kosten der Revitalisierung werden durch ihren Raumanpruch bestimmt. Sie sind bei Gewässern im Siedlungsgebiet meist höher als in einem Landwirtschaftsgebiet. Massgebend für die Kosten pro Gewässer-Laufmeter sind neben der Grösse des Gewässers der Verbauungsgrad und die Schutzgüter des Umlands und ob für die Revitalisierung Land dazugekauft werden muss. Der Bund unterstützt seit Anfang 2011, gestützt auf das revidierte Gewässerschutzgesetz, die Kantone finanziell bei der Revitalisierung stark beeinträchtigter Gewässer, sofern ein ökologisches Potenzial geltend gemacht werden kann.

Die Umsetzung der übrigen Massnahmen der Handlungsfelder Temperaturüberwachung und -auswertung sowie die Anpassung der fischereilichen Bewirtschaftung, wird finanziell durch das Amt für Umwelt und Energie abgedeckt.





# 2.5

## Grundwasser

## 2.5.1 Ausgangslage

Das Grundwasser im Kanton Basel-Stadt bildet in den Porenräumen des Untergrundes einen zusammenhängenden, gesättigten Wasserkörper (Aquifer). Je nach Beschaffenheit des Untergrundes bewegt es sich mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten durch diesen 1 bis 14 Meter mächtigen Porenraum.

Das Grundwasser stammt mehrheitlich aus Niederschlagswasser und aus Zusickerung von Oberflächengewässern (Infiltration). Da die Fläche des Kantons Basel-Stadt durch Bauten und Strassen überwiegend versiegelt ist, kann nur sehr wenig Niederschlag versickern. Die Grundwasserneubildung erfolgt deshalb neben der Infiltration von Rhein, Wiese und Birs durch unterirdische Zuflüsse aus Deutschland, Frankreich und Basel-Landschaft. Zudem wird in den Langen Erlen zur Trinkwassergewinnung aktiv Rheinwasser ins Grundwasser versickert (vgl. Kapitel Trinkwasser).

Das AUE überwacht mit 80 Messstationen die Höhe des Grundwasserspiegels und die Grundwassertemperatur. Die Aufzeichnungen der Grundwasserspiegel zeigen, dass die Grundwasserstände vor allem aufgrund der Jahreszeiten und der damit verbundenen unterschiedlichen Niederschläge schwanken. Zudem lassen die Aufzeichnungen erkennen, dass im Nahbereich der Flüsse (Rhein, Wiese, Birs, Birsig) die Grundwasserneubildung durch den stark schwankenden Prozess der Fluss-Grundwasser-Interaktion dominiert wird. Regional beeinflussen zudem die Grundwassernutzungen den Grundwasserspiegel und damit die jeweils für die Nutzung zur Verfügung stehende Grundwas-

sermenge. Im Zeitraum 1999 bis 2002 hat das AUE überdurchschnittlich hohe Grundwasserstände verzeichnet. Die Jahre 2003 und 2005 waren hingegen geprägt durch vergleichsweise geringe Niederschlagsmengen, was zu einer deutlich reduzierten Grundwasserneubildung führte. Trockenperioden im Sommer führen zu zeitlich verzögerten Grundwassertiefständen im Winterhalbjahr, welche sich bis ins Frühjahr ausdehnen. Folgen mehrere Jahre solcher Trockenperioden im Sommer aufeinander, kann sich der Grundwasserspiegel über Jahre nicht regenerieren.

Der Temperaturverlauf des Grundwassers entspricht zeitverzögert und mit zunehmender Tiefe gedämpft dem Verlauf der Lufttemperatur. Erhöht sich die Lufttemperatur, so erhöht sich auch die Grundwassertemperatur. Das AUE registriert derzeit je nach Region eine mittlere Grundwassertemperatur zwischen 12°C und 16°C. Da die durchschnittliche Lufttemperatur lediglich 10°C beträgt, bedeutet dies, dass in der urbanen Agglomeration Basel auch andere natürliche und anthropogene Faktoren einen Einfluss auf die Grundwassertemperatur haben. Solche Faktoren sind u. a. ins Grundwasser reichende Gebäude (Wärmeübertrag durch schlechte Gebäudeisolation) sowie die Nutzung des Grundwassers zu Kühlzwecken. Wie gross und wie relevant die anthropogenen Eingriffe wirklich sind, wird derzeit im Rahmen eines Pilotprojekts für den Nordwesten Basels berechnet.

## 2.5.2 Klimafolgen – Auswirkungen und mögliche Massnahmen

### Grundwasserneubildung

Verschieben sich die Niederschläge durch den Klimawandel, wie prognostiziert in Richtung Winterhalbjahr, ist mit einer Erhöhung der Grundwasserneubildung zu rechnen, da im Winterhalbjahr die Zehrgrössen der Evaporation und der Transpiration (pflanzliche Verdunstung) geringer sind als im Sommer. Im Sommer hingegen ist in den Schottergrundwasserleitern der grossen Flusstäler Rhein und Wiese mit einer verringerten Grundwasserneubildung zu rechnen, da durch die Zunahme der Trockenperioden die Abflüsse der Gewässer geringer werden.



Ergebnisse aus dem Interreg III-Projekt<sup>3</sup> zeigen für die Wieseebene, den Dinkelberg und die Innenstadt kleinräumig markant unterschiedliche Grundwasserneubildungsraten. Die Grundwasserneubildung variiert in diesen Gebieten zwischen 50 und 1000 mm pro Jahr. Ob sich die Zu- und Abnahmen der Grundwasserneubildung ausgleichen und wie sich diese Veränderungen regional auswirken, kann zum jetzigen Zeitpunkt nicht beurteilt werden. Die Daten und Modelle für solche Bewertungen sind überwiegend vorhanden, müssten jedoch auch teilweise neu erfasst werden.

<sup>3</sup> INTERREG III A-Projekt MoNit (vgl. Anhang)

### Grundwassertemperatur

Bei einer Zunahme der mittleren Lufttemperatur um 2°C bis zum Jahr 2050 ist zu erwarten, dass sich auch die Temperatur des Grundwassers entsprechend erhöht. Da auch die Temperaturen

der Fließgewässer ansteigen (vgl. Kapitel Fließgewässer), wird in flussnahen Gebieten entlang des Rheins und der Wiese im Sommer während anhaltender Hitzeperioden mit weiter steigenden Maximalwerten der Grundwassertemperatur zu rechnen sein. Der Temperaturanstieg verändert zusätzlich auch die Viskosität des infiltrierenden Flusswassers. Diese physikalische Veränderung bewirkt vor allem während Hitzeperioden eine erhöhte Infiltrationsrate von warmem Flusswasser ins Grundwasser. In flussnahen Gebieten wird somit die Erhöhung der Grundwassertemperatur deutlich ausgeprägt sein.

Allgemein kann festgehalten werden, dass die Grundwassertemperaturen heute bereits sehr hoch sind und dass sich das Grundwasser ohne wesentliche Reduktion der anthropogenen Einflüsse zusätzlich zum Klimawandel weiter erwärmen wird. Dadurch wird einerseits die Nutzbarkeit zu Kühlzwecken eingeschränkt und andererseits auch die chemische und biologische Grundwasserqualität verschlechtert.



## Grundwasserqualität

Wissenschaftliche Erkenntnisse über die Auswirkungen erhöhter Grundwassertemperaturen auf die Wasserqualität sind bis heute relativ spärlich. Tendenziell nimmt der Sauerstoffgehalt ab, der Gehalt an gelöstem organischem Kohlenstoff (DOC) sowie die Verkeimung hingegen zu.

Untersuchungen aus Skandinavien haben gezeigt, dass hohe Anteile an DOC im Grundwasser als Indiz dafür gewertet werden können, dass die Zunahme der Temperaturen in der Atmosphäre den Kohlenstoffumsatz in den oberen Bodenschichten erhöht. Dadurch nimmt das Niederschlags- und spätere Grundwasser mehr DOC auf. Ob ähnliche Veränderungen auch bei unserem Grundwasser vorkommen, ist unbekannt.

Mit dem Anstieg der Temperatur erhöhen sich die biologische Aktivität und der Sauerstoffbedarf des Grundwassers. Dies führt zu einer Abnahme der Sauerstoffkonzentrationen und damit zu einer Verschlechterung der Grundwasserqualität. Laut EAWAG steht die Forschung über die Auswirkungen des Klimawandels auf das Grundwasser noch am Anfang und muss vermehrt in den Fokus gerückt werden.

## Grundwassernutzung

Aufgrund der steigenden Flusswassertemperaturen im Sommer ist das Flusswasser für die Verwendung als Kühlwasser in Industrie und Gewerbe (Produktionsprozesse, Raumklimatisierung) zunehmend ungeeignet (vgl. Kapitel Gewässerökologie). Da gleichzeitig der Kühlbedarf von Büro- und Gewerbebauten aufgrund der zunehmenden Lufttemperatur steigt, erhöht sich der Druck, Grundwasser vermehrt zu Kühlzwecken zu nutzen. Diese Entwicklung war z. B. in der Hitzeperiode des Sommers 2003 zu beobachten, als die Flusswassernutzung nur noch mit Sonderbewilligungen betrieben werden konnte.

## Handlungsbedarf und Massnahmeansätze

### Grundwassertemperatur und Grundwasserneubildung

Die Grundwassertemperatur und die Dynamik der Grundwasserneubildung werden sich aufgrund des Klimawandels ändern. Es ist wichtig, das Ausmass dieser Veränderungen in Zukunft genau zu beobachten, zumal das Grundwasser nicht überall gleich beansprucht wird und der Druck auf eine vermehrte Nutzung zunehmen wird. Für diese Analyse ist ein Konzept auf der Basis der bestehenden Messeinrichtungen und Datenreihen zu erstellen.

### Grundwassernutzung

Auf der Basis der Ergebnisse der Datenanalysen müssen Massnahmen in die folgenden Richtungen getroffen werden:

- › Gezielte mengenmässige Bewirtschaftung des Grundwassers durch die Behörden (regional und überregional)
- › Restriktive Nutzungsaufgaben und Verteilung von Konzessionen (z. B. Kältenutzung nur kombiniert mit Wärmenutzungen bewilligen, Einschränkung der Grundwassernutzung in und nach Trockenjahren, Verpflichtung von Bauherrschaften, Wasserrückgabetemperatur zu messen)
- › Aufforderungen an Grundwassernutzer, ihre internen Kühlprozesse zu optimieren
- › Stärkere Wärmedämmung von Kellerbauten
- › Anreize zum Ausbau der Grundwassernutzung für wärmende Zwecke und damit kühlere Grundwasserrückgabetemperatur
- › Kleinräumige und grossräumige Vernetzung von Grundwassernutzern

Wie streng die Nutzungsaufgaben bzw. Massnahmen sein werden, lässt sich heute noch nicht quantifizieren. Erste Aussagen hierzu sind Mitte 2011 aus den Ergebnissen einer Pilotstudie, welche das AUE in Zusammenarbeit mit der Uni Basel erstellt, zu erwarten. Die Umsetzung der Massnahmen erfordert teilweise Anpassungen im Gewässerschutzrecht.



## 2.5.3

### Kosten und Dienststellen

Die Kosten für ein Konzept zur Überwachung der Grundwassertemperaturen belaufen sich auf rund CHF 20 000.–.

Die bereits vorhandenen und die neu erhaltenen Daten müssen im Hinblick auf die Fragen der Klimaänderung ausgewertet werden. Vorhandene Modellierungen sind zu ergänzen, so dass rasch Nutzungsauswirkungen erkannt und Bewilligungen angepasst werden können. Die Kosten für die Modellierung von Entwicklungen der Grundwassertemperatur und von Nutzungsregulierungen belaufen sich auf rund ca. CHF 100 000.–.

Im Hinblick auf die verstärkte Isolation von Kellerbauten sind die Abteilung Energie des AUE sowie bei kantonseigenen Bauprojekten der Bereich Städtebau & Architektur mit Hochbauamt, Planungsamt und Denkmalpflege zu involvieren.





# 2.6

## Trinkwasser



## 2.6.1 Ausgangslage

Das Trinkwasser für den Kanton Basel-Stadt wird durch Grundwasseranreicherung bzw. aktive Versickerung von Rheinwasser an zwei Standorten – Langen Erlen und Hardwald – gewonnen. Die Trinkwassergewinnung in den Langen Erlen wird von den Industriellen Werken Basel (IWB) betrieben. Die maximale Trinkwasserfördermenge in den Langen Erlen liegt bei 70 000 m<sup>3</sup> pro Tag. Dieses Trinkwasser steht ausschliesslich dem Kanton Basel-Stadt zur Verfügung. Die Trinkwassergewinnung im Hardwald wird durch die Hardwasser AG betrieben. Die maximale Fördermenge liegt bei 110 000 m<sup>3</sup> pro Tag, wobei der Kanton Basel-Stadt rund die Hälfte der Fördermenge bezieht. Die restlichen 55 000 m<sup>3</sup> stehen Gemeinden des Kantons Basel-Landschaft zur Verfügung (diese Menge wird aber momentan nicht ausgenutzt). Beide Aufbereitungsstandorte zusammen können somit für den Kanton Basel-Stadt eine maximale Fördermenge von 130 000 m<sup>3</sup> pro Tag bereit stellen.

Die Trinkwasseraufbereitung erfolgt in mehreren Schritten. Die biologische Reinigung erfolgt durch die mikrobiologische Reinigungsleistung der Bodenpassage. Ein Teil der chemischen Verunreinigungen wird mit einem Aktivkohlefilter beseitigt. Zusätzliche Reinigungsstufen sind vor bzw. nachgeschaltet.

Die Reservoirs fassen 52 000 m<sup>3</sup>. Dieses Trinkwasservolumen dient als Puffer zur Deckung bei ungleichmässiger Nachfrage während des Tages sowie zur Erhaltung des Wasserdrucks im Leitungssystem.

Kurzfristig kann bei optimalen Bedingungen in beiden Grundwassergebieten die Fördermenge auf ca. 136 000 m<sup>3</sup> gesteigert werden. Während extremer Hitze- und Trockenperioden im Sommer steigt der Wasserbedarf des Kantons Basel-Stadt auf rund 136 000 m<sup>3</sup> pro Tag. Dieser Wert wurde während einigen Tagen im Sommer 2003 erreicht. Der Jahresdurchschnitt des täglichen Trinkwasserverbrauchs liegt jedoch bei 70 000 m<sup>3</sup> pro Tag.

## 2.6.2 Klimafolgen – Auswirkungen und mögliche Massnahmen

### Trinkwasserbereitstellung

Die Temperatur des infiltrierten Rheinwassers wird besonders während Hitzeperioden im Sommer steigen. Damit verbunden ist ebenfalls ein Temperaturanstieg des infiltrierten Grundwassers, allerdings in einer abgeschwächten Form und mit einer Verzögerung von 2 bis 3 Monaten. Zusätzlich steigt die biologische und chemische Schadstoffkonzentration des Rheins aufgrund der verringerten Wasserführung.

#### *Temperaturanstieg des infiltrierten Rhein- und Grundwassers*

Die erhöhten Temperaturen des infiltrierten Rheinwassers haben wahrscheinlich keinen negativen Einfluss auf die mikrobiologische Reinigungsleistung der Bodenpassage.

Wissenschaftliche Erkenntnisse über die Auswirkungen erhöhter Grundwassertemperaturen sind bis heute relativ spärlich und deren Folgen für die Grundwasserqualität sowie den Grundwasserträger nur beschränkt bekannt. Tendenziell nimmt der Sauerstoffgehalt ab, der DOC-Gehalt sowie die Verkeimung nehmen hingegen zu (vgl. Kapitel Grundwasser).

### *Erhöhte Schadstoffkonzentration des infiltrierten Rheinwassers*

Die erhöhte biologische Belastung des Rheinwassers aufgrund der verringerten Wasserführung wird durch die mikrobiologische Reinigungsleistung der Bodenpassage abgebaut. Ob sich die erhöhte chemische Belastung des infiltrierten Rheinwassers im Grundwasserträger der Langen Erlen und des Hardwalds anreichert, kann nicht ausgeschlossen werden. Bei Gewässeralarmen und erhöhten Stoffkonzentrationen im Rheinwasser wird die Rohwasserentnahme aus dem Rhein schon heute eingestellt. Bei geringeren Wasserführungen könnten im Extremfall entsprechend häufigere Abschaltungen erforderlich werden.

### *Alarmwerte*

Aufgrund der verminderten Wasserführung des Rheins während Hitze- und Trockenperioden im Sommer werden die von den Kläranlagen abgegebenen Restfrachten weniger verdünnt und somit steigen die Schadstoffkonzentrationen im Rhein schneller in den Bereich der Grenzwerte an (Grenzwerte nach dem Warn- und Alarmplan Rhein der internationalen Kommission zum Schutz des Rheins). Es ist anzunehmen, dass bei verminderter Wasserführung diese Alarmwerte eher und auch öfter erreicht bzw. überschritten werden dürften. So reicht bei Niedrigwasser bereits eine Fracht von 52 kg aus, um für Stoffe mit einem Alarmwert mit 1 µg/l einen Rheinalarm auszulösen.

Nach einer regionalen Information, nach Polizeimeldungen, nach Meldungen durch einen Emittenten direkt oder einem internationalen Rheinalarm – ausgelöst durch die vom AUE betriebene Rheinüberwachungsstation in Weil am Rhein – wird die Infiltration in den Langen Erlen unterbrochen, bis eine Belastung des Rheins im Bereich der Wasseransaugstelle der IWB im Stauraum des Wasserkraftwerks Birsfelden ausgeschlossen werden kann. Dies kann einen Tag bis mehrere Wochen dauern. Ein Biomonitoring bei der Rohwasserentnahme im Rhein soll in Zukunft zusätzlich die Kontrolle des Rheinwassers verbessern und damit die Sicherheit für die Langen Erlen erhöhen.

Die Überschreitung von Alarmwerten führt zu einer Einschränkung der Trinkwasserförderung in den Langen Erlen. Die fehlende Trinkwassermenge kann aber nur dann durch die Hardwasser AG abgedeckt werden, wenn die Gewässerverschmutzung nicht oberhalb von Pratteln (Rohwasserentnahme Hardwasser AG) liegt und nicht gerade ein Spitzenbedarf zu decken ist. Die Trinkwasseraufbereitung im Hardwald ist erfahrungsgemäss weniger durch Meldungen der Rheinüberwachungsstation betroffen, da ihre Ansaugstelle oberhalb der grösseren Chemiekärlanlagen liegt (oberhalb ARA Rhein, ARA Chemie und der Kläranlagen in Grenzach). Nicht ausgeschlossen sind aber auch Verunreinigungsquellen oberhalb dieser Kläranlagen (Ergolz, Rheinfeldern, Kaisten, Sisseln, etc.). In





den Kantonen BL, AG und SO werden keine adäquaten Überwachungsprogramme am Rhein und seiner Zuflüsse durchgeführt.

Aufgrund des zu erwartenden Klimawandels werden Hitze- und Trockenperioden im Sommer und damit auch tiefe Wasserpegel im Rhein künftig deutlich häufiger auftreten. Damit ist eine Zunahme der Alarmsituation am Rhein mit negativen Auswirkungen auf die Produktion von Trinkwasser in den Langen Erlen zu erwarten.

Erlen und damit auch der Trinkwasserversorgung. Über den Schiffliweiher kann verunreinigtes Wasser der Wiese in das Grundwasser der Langen Erlen eintreten. Aber auch kleinere Hochwassermengen verursachen einen Wasserübertritt im Vorland der Wiese, bei dem Wiesewasser verstärkt in das Grundwasser infiltrieren kann. Dabei steigen in gewissen wiesennahen Trinkwasserbrunnen die E. Coli Werte an, worauf die betroffenen Brunnen vorübergehend abgestellt werden müssen. Eine Revitalisierung kann diesen Zustand zusätzlich begünstigen.

## Handlungsbedarf und Massnahmeansätze

Aufgrund von Trockenperioden werden die Alarmwerte im Rhein (regional und international) zunehmen. Damit wird die Trinkwasserförderung in den Langen Erlen häufiger unterbrochen. Dies kann das Trinkwasserangebot während Hitze- und Trockenperioden weiter verschärfen.

- › Die IWB bauen derzeit bei der Rohwasserentnahme im Rhein für die Infiltration in den Langen Erlen ein Biomonitoring auf. Dieses zusätzliche System erhöht die Sicherheit und Kontrolle der Qualität des infiltrierten Rheinwassers. Diese Überwachung wird in den nächsten zwei Jahren kontinuierlich erweitert.
- › Die IWB prüfen derzeit in einer Studie die Wasserversorgung 2030. Möglichkeiten einer redundanten Rheinwasserentnahme werden geprüft.
- › Ersatzstandorte für Trinkwasserbrunnen sowie weitere Versickerungsflächen in den Langen Erlen sind im Raum der Spittelmatten bekannt. Eine Ausweitung der Versickerungsflächen wird im Moment im Konzept WieseVital diskutiert.

### *Hochwasser*

Die Zunahme von Starkniederschlägen sowie die Zunahme der Niederschlagsmengen im Winter erhöhen das Risiko von Hochwasser. Insbesondere ein Hochwasser der Wiese mit Wassermengen von mehr als 290 m<sup>3</sup>/s (300-Jahr Ereignis) birgt die Gefahr einer Verunreinigung der Gewässerschutzzone in den Langen

## Handlungsbedarf und Massnahmeansätze

- › Das Tiefbauamt des Kantons Basel-Stadt hat ein Überflutungsmodell erstellt. Daraus werden Brunnen, welche von Hochwasser und hohen Pegelständen betroffen sind, ersichtlich.
- › Die IWB haben ein Brunnenmanagementsystem eingerichtet, welches ab gewissen Pegelständen wiesenahe Brunnen ausser Betrieb nimmt. An Hochwassertagen ist auch der Trinkwasserverbrauch tiefer, so dass keine Engpässe bei der Trinkwasserversorgung entstehen.
- › Zusätzlich wurden durch Hochwasser besonders gefährdete Brunnen mit Schotts gesichert.
- › Mit einer Rückstauklappe beim Zufluss des Schiffliweiher in die Wiese könnte das Eindringen von Wiesewasser bei Hochwasser verhindert werden. Diese Massnahme wurde in die Mehrjahresplanung aufgenommen; sie wird bis spätestens 2012 umgesetzt.
- › Der bauliche Zustand der Dämme soll überprüft werden.

### *Erhöhung der Trinkwassertemperatur*

Hitzewellen führen durch verstärkte Wärmeübertragung im Leitungssystem und in den Reservoirs zu erhöhten Trinkwassertemperaturen und damit Qualitätseinbussen. Besonders betroffen sind Leitungssysteme mit geringem Wasseraustausch. Dies ist vor allem in den Versorgungsregionen der Hochzone (Gemeinde Bettingen, Bruderholz) der Fall. Dort muss das Trinkwasser über einen langen Weg transportiert und über mehrere Pumpstationen und Reservoirs geführt werden.



## Handlungsbedarf und Massnahmeansätze

- › Die IWB hat als erste Gegenmassnahme ein Reservoir in der Hochzone um 50% verkleinert. Dadurch wird der Wasseraustausch erhöht.
- › Eine zusätzliche konventionelle Kühlung ist je nach eintretender Klimaerwärmung nicht ausgeschlossen. Sie wird aber als letzter Schritt betrachtet, der erst verfolgt wird, wenn alle anderen Massnahmen zu wenig Wirkung zeigen.

### Trinkwassernachfrage

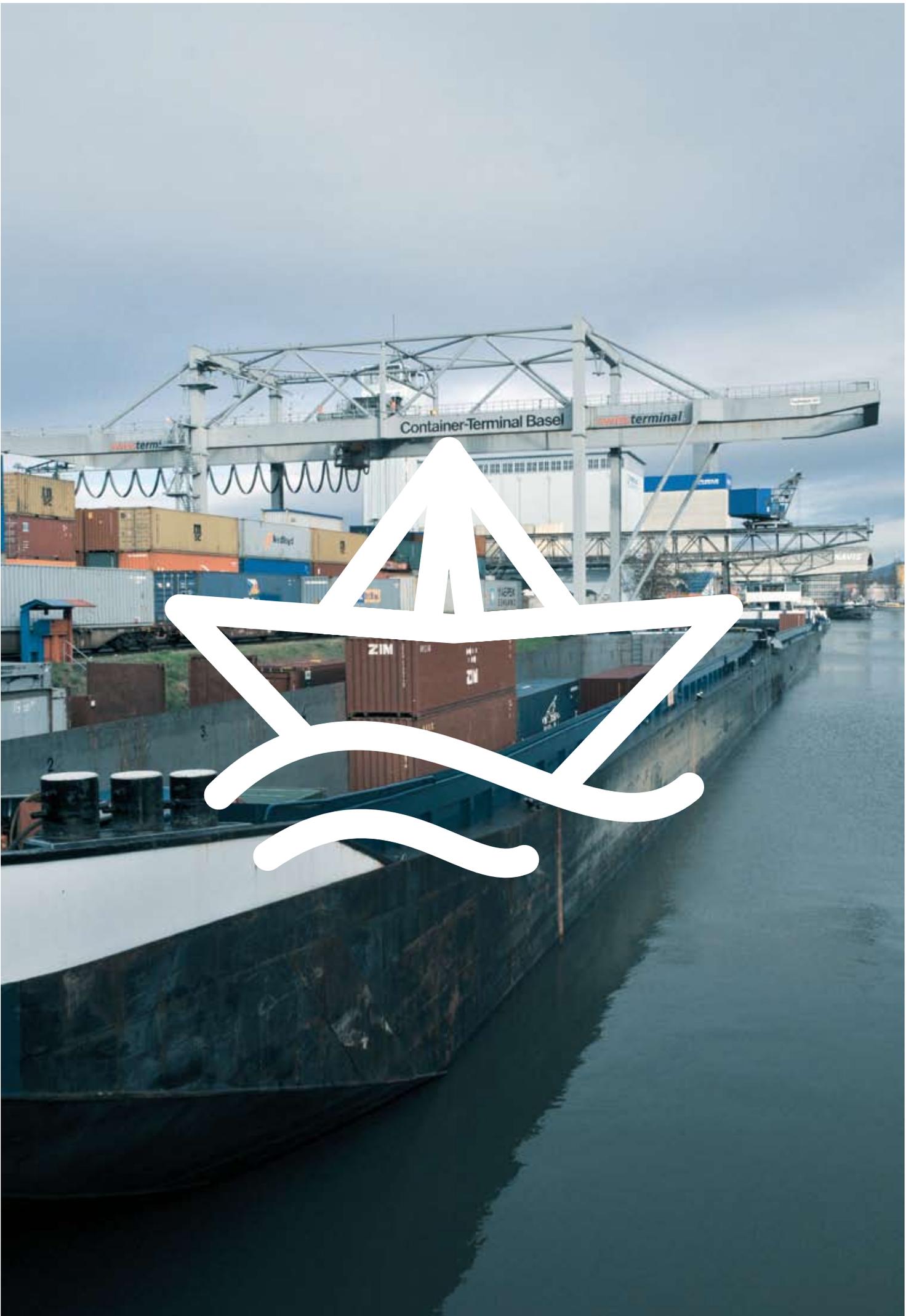
Während Hitzeperioden steigt die Trinkwassernachfrage insbesondere bei den Haushalten aufgrund verstärkter Gartenbewässerung an.

## Handlungsbedarf und Massnahmeansätze

- › Die Bereitstellung von Trinkwasser für Haushalte, Spitäler und Lebensmittel produzierende Betriebe hat erste Priorität.
- › Brauchwasser im Industriesektor kann während Hitze- und Trockenperioden nicht mit Sicherheit gewährleistet werden. Die IWB unterbrechen die Bereitstellung von Brauchwasser, wenn das Wasser zu Trinkwasserzwecken benötigt wird. Dies kann Folgen für die Industrie haben, wenn sich Hitzesommer wie 2003 deutlich häufen. Damit entfallen der Industrie bereits jetzt rund 6500 m<sup>3</sup> Wasser, die zu Kühlzwecken verwendet werden. Wie viel Wärmeenergie dadurch anderweitig abgeführt werden muss, ist schwierig abzuschätzen.
- › Die Landwirtschaft im Kanton Basel-Stadt wird künftig für wasserbedürftige Kulturen auf eine Bewässerung angewiesen sein. Die Bewässerung dürfte jedoch voraussichtlich in erster Linie mit Rheinwasser erfolgen (vgl. Kapitel Landwirtschaft). Bei hohem Trinkwasserbedarf mit Mengen nahe dem täglichen Fördermaximum könnte die Bewässerung der Grünanlagen durch die Stadtgärtnerei ebenfalls beeinträchtigt bzw. eingeschränkt sein.

## 2.6.3 Kosten und Dienststellen

Die Kosten eines allfälligen Rohwasserleitungsbaus im Zusammenhang mit einer redundanten Rheinwasserentnahme werden auf eine Summe im unteren zweistelligen Millionenbereich geschätzt.





# 2.7

# Rheinschifffahrt

## 2.7.1 Ausgangslage

Für die Leistungsfähigkeit der Rheinschifffahrt sind die Pegelstände bei Hoch- und Niederwasser massgebend. Je nach Pegelstand können die Schiffe mehr oder weniger Ladung transportieren. Bei Hochwasser wird ab einer bestimmten Marke die Rheinschifffahrt zudem aus Sicherheitsgründen gesperrt. Zwei Streckenabschnitte werden auf dem Basler Rheinabschnitt unterschieden:

### **Streckenabschnitt *Unterer Vorhafen der Schleuse Birsfelden bis Basel Landesgrenze***

Auf der offenen Rheinstrecke vom unteren Vorhafen der Schleuse Birsfelden bis Basel Landesgrenze (Rhein-km 170,00) ist für die Leistungsfähigkeit der Schifffahrt der Pegelstand bei Hochwasser wie auch bei Niederwasser massgebend.

Die Schifffahrt ist bei Hochwasser auf der basel-städtischen Stromstrecke gesperrt, wenn der Wasserstand am Pegel *Basel-Rheinhalle* die HW-Marke IIb von 790 cm bei ca. 2500 m<sup>3</sup>/s erreicht hat. Die Gründe für diesen gesetzlich festgelegten Wert liegen bei der starken Strömung, grossen Mengen an Treibholz sowie der reduzierten lichten Durchfahrts Höhe bei der Mittleren Rheinbrücke.



Die Schifffahrt kennt für Niederwasser keine Sperrmarke. Hier bestimmt der Schiffseigner, bei welchem Wasserstand und entsprechendem Tiefgang er sein Schiff für den Transport noch einsetzen will. Am Richtpegel *Basel-Rheinhalle* kann der Wert ab <475 cm als Niederwasser bezeichnet werden. Die Schiffe können bei einem Pegel von 475 cm noch mit einem Tiefgang von ca. 200 cm fahren, was im Schnitt nur noch einen Drittel der Ladekapazität bedeutet.

### **Streckenabschnitt *ab Schleuse Birsfelden bis Rheinfelden***

Im Abschnitt ab Schleuse Birsfelden bis Rheinfelden ist nur die Hochwassermarken für die Rheinschifffahrt massgeblich. Die Schifffahrt ist gesperrt, wenn der Wasserstand am Pegel *Basel-Rheinhalle* die HW-Marke IIa von 820 cm bei ca. 2750 m<sup>3</sup>/s erreicht hat.

Zwischen der Schleuse Birsfelden bis Rheinfelden ist der Rhein durch den Einflussbereich der Kraftwerke Birsfelden und Augst gestaut. Es besteht keine direkte Einschränkung auf die Abladetiefe der Schiffe durch Niederwasser. Die Abladetiefe wird auf diesem Streckenabschnitt durch den DrempeI der Schleuse Birsfelden bestimmt.



## Hochwassermarken

Die folgende Tabelle zeigt die Hochwassermarken (HW-Marken) gemäss der Hochrheinschiffahrtspolizeiverordnung (SR 747.224.211) sowie die zugehörigen Abflusswerte. Der für die Abladetiefe und die Hochwasser-Sperrenmarken massgebende Richtpegel auf Schweizer Rheinstrecke ist seit 2007 der Pegel *Basel-Rheinhalle* mit Standort oberhalb der Eisenbahnbrücke am rechtsrheinischen Ufer (Rhein-km 164.26).

*Hochwasser-Marken gemäss Hochrheinschiffahrtspolizeiverordnung (Stand: 2006)*

HW-Marke	Basel-Rheinhalle	Q – Basel-Rheinhalle	Bemerkungen
I	700 cm	ca. 1800 m <sup>3</sup> /s	Voralarm
IIb	790 cm	ca. 2500 m <sup>3</sup> /s	HW-Sperre Basel bis Birsfelden
IIa	820 cm	ca. 2750 m <sup>3</sup> /s	HW-Sperre Basel bis Rheinfelden
IIc	850 cm	ca. 3000 m <sup>3</sup> /s	HW-Marke mit Erleichterungen für den Grand Canal d'Alsace unter bestimmten Bedingungen

## 2.7.2 Klimafolgen – Auswirkungen und mögliche Massnahmen

Aufgrund des Klimawandels sind Auswirkungen auf das Abflussregime des Rheins zu erwarten. Hochwasser sowie Niederwasser können künftig häufiger eintreten und die Schifffahrtsbedingungen dadurch beeinflussen.

### Hochwasser

Erfahrungsgemäss sind Hochwasser in Basel, welche eine Sperrung der Rheinschifffahrt zur Folge haben (HW-Marke II), kurzfristiger Natur und dauern ein bis drei Tage. Rückblickend gibt es jedoch Ausnahmen.

*HW-Marken II in Basel länger als drei Tage*

Anzahl Tage	Monat, Jahr
4 Tage	Juni 1986
4 Tage	März 1988
11 Tage	Juni 1987
13 Tage	Mai 1994
8 Tage	Juni 1995
35 Tage	Mai/Juni 1999

Kurze Hochwasser sind für die Schifffahrt ärgerlich, werden aber als naturgegeben hingenommen. Längere Hochwasserperioden bewirken jedoch wirtschaftlich betrachtet grossen Schaden, der sich auch kaum durch einen logistischen Mehraufwand mildern lässt.

Durch ein optimiertes Staureglement der Kraftwerke am Hochrhein sowie einer vorausblickenden Regulierung der drei Juraseen (Bieler-, Neuenburger- und Murtensee) lässt sich allenfalls eine Hochwasserwelle ausgleichen und deren Spitzen brechen. Dazu sind eine gute Hochwasserprognose sowie deren Kommunikation von allergrösster Bedeutung. Eine Änderung der HW-Marke II ist jedoch aus Sicherheitsgründen nicht möglich.

## Handlungsbedarf und Massnahmeansätze

- › Bereits heute wird der Ausfluss der Seen im Berner Oberland (Thuner- und Brienersee) sowie der drei Juraseen (Murten-, Neuenburger- und Bielersee) entsprechend der Hochwasservorhersagen vom Amt für Wasser und Abfall des Kantons Bern reguliert.
- › Mit dem Projekt OWARNA (Optimierung der Warnung und Alarmierung) wird zusätzlich die Hochwasservorhersage verbessert. Durch die gesamtheitliche und vernetzte Beurteilung der aktuellen Gefahrensituation auf Stufe Bund und Kantone sowie durch eine optimierte zeitlich-räumliche Auflösung der Meteo- und Abflussvorhersagen lassen sich die Qualität der Warnungen und Orientierungen der Behörden verbessern. Damit gewinnen die Betroffenen Zeit für gezielte Handlungen (Notfallplanungen).

**Niederwasser**

Niederwasser ist für eine wirtschaftliche und leistungsfähige Rheinschifffahrt ebenso schädlich wie Hochwasser. Dem Niederwasser kann nichts entgegengesetzt werden, solange die Mindestfahrinnentiefe beim gleichwertigen Wasserstand (GIW02)<sup>4</sup> vorhanden ist. Bezogen auf die schweizerische Stromstrecke von Birsfelden bis Basel wird eine Mindestfahrinnentiefe von 265 cm bei GIW02 vorgehalten.

Zurzeit gibt es bei den Schweizerischen Rheinhäfen eine Untersuchung, ob auf bestimmten kurzen Streckenabschnitten die Fahrwassertiefe korrigiert werden könnte, weil jeweils oberhalb und unterhalb grössere Wassertiefen zur Verfügung stehen. Dabei würde eine durchgehende Fahrinne von zusätzlichen 30 cm angestrebt. In der Bergfahrt könnte die Ladekapazität der Güterschifffahrt bei den entsprechenden Pegelständen gegenüber heute – je nach Schiffsart – um ca. 300–500 t erhöht werden. Dies entspräche einem deutlichen Mehrwert, was für die Wirtschaftlichkeit der Rheinschifffahrt förderlich ist. Der Eingriff ist aber aus ökologischer Sicht nicht unproblematisch. Entscheidend ist auch die Frage, welcher Richtpegel auf der ganzen Strecke – vom Seehafen bis Birsfelden – der abladebestimmende Pegel ist. Oftmals sind die Richtpegel von Kaub und Maxau diejenigen, die

**Handlungsbedarf und Massnahmeansätze**

Im Zusammenhang mit den Abklärungen betreffend Austiefung der Fahrwasserrinne und damit Steigerung der Leistungsfähigkeit der Rheinschifffahrt wird durch die Schweizerischen Rheinhäfen untersucht, welcher Richtpegel auf der ganzen Strecke vom Seehafen bis Birsfelden in den letzten 10 Jahren der abladebestimmende Pegel war. Stellt sich dabei heraus, dass nicht die Richtpegel der Basler Rheinstrecke bestimmend sind, würde sich die oben genannte Gewässerkorrektur nur teilweise als sinnvoll erweisen. Erste Ergebnisse dazu werden bis Sommer 2011 erwartet.

letztlich die Abladetiefe bei Niederwasser auf der durchgehenden Strecke vom Seehafen bis Birsfelden bestimmen.

<sup>4</sup> GIW02: Niedrigwasserstand, der an durchschnittlich 20 eisfreien Tagen im Jahr an den jeweiligen Richtpegeln unterschritten wird. Der GIW02 am Pegel Basel-Rheinhalle beträgt 500 cm. Dieser Wert wird alle 10 Jahre geprüft und allenfalls angepasst. Die letzte Überprüfung fand im Jahre 2002 statt.





## 2.7.3

### Kosten und Dienststellen

Für die Austiefung der Fahrwasserrinne ist gemäss groben Schätzungen mit Kosten von ca. CHF 1 bis 3 Mio. zu rechnen. Der Ausbau hätte durch die Schweizerischen Rheinhäfen in Zusammenarbeit mit dem Tiefbauamt des Kantons Basel-Stadt zu erfolgen. Eine Beteiligung des Bundes für die Verbesserung der Abladetiefe durch eine Korrektur der internationalen Schifffahrtsrinne wird erwartet und angestrebt.





# 2.8

# Gebäude und Infrastruktur



## 2.8.1 Ausgangslage

Gebäude und Infrastruktur werden im Kanton Basel Stadt durch die kantonale Gebäudeversicherung (GVBS) gegen Elementarschäden (Sturmwind, Hagelschlag, Hochwasser/Überschwemmungen/Sturmflut, Schneedruck/-rutsch, Erdbeben/-rutsch/-rutsche/Rübe) versichert.

## 2.8.2 Klimafolgen – Auswirkungen und mögliche Massnahmen

Gebäude und Infrastruktur sind durch die zu erwartende Zunahme von Extremereignissen in den Bereichen Hochwasser, Sturm und Hagel betroffen. Dies bedeutet für die Gebäudeversicherung, dass eine höhere Schadenfrequenz (Anzahl Schäden) eintreten kann. Zudem können höhere Schadenbelastungen und damit teurere Schäden eintreten (Schadenausmass). Diese Veränderungen sind im Bereich Objektschutz zu berücksichtigen.

### Hochwasser und Überschwemmungen

Es muss davon ausgegangen werden, dass sich infolge des Klimawandels die Häufigkeit und das Ausmass der Hochwasserereignisse verändern wird. Insbesondere im Winter wird eine

Zunahme der Hochwasserspitze wie auch des Hochwasservolumens erwartet.

Eine Niederschlagszunahme von rund 10% im Winter führt vor allem bei Fliessgewässern mit grossen Einzugsgebieten, wie dem Rhein, zu höheren Durchflussmengen. Die Abflussmengen überlagern sich aufgrund der Grösse des Einzugsgebietes, auch wenn die Niederschläge zeitlich versetzt fallen. Gewässer mit kleinen Einzugsgebieten wie Birsig, Birs und Wiese sind vor allem von Hochwasser aufgrund von Starkniederschlägen betroffen. Die winterliche Niederschlagszunahme um rund 10% wirkt sich jedoch deutlich geringer auf den Pegelstand aus, als dies bei grossen Einzugsgebieten der Fall ist. Vorbelastungen durch hohe Wasserstände aufgrund der Schneeschmelze, welche die Hochwassersituation noch verschärfen können, fallen in kleinen Einzugsgebieten aufgrund der eher tiefen Höhenlage der Region Basel und der Abnahme der winterlichen Kältewellen geringer aus.

Bis heute fehlen in der Schweiz die Grundlagen, um die Folgen der Klimaänderung bei der Dimensionierung von Hochwasserschutzmassnahmen quantitativ zu berücksichtigen. Für die Veränderung infolge der Klimaerwärmung wurde deshalb, ungeachtet der Beschaffenheit des hydraulischen Einzugsgebietes der jeweiligen Fliessgewässer, ein pauschaler Zuschlag von 10% auf die gegenwärtigen Dimensionierungsspitzen veranschlagt.

Die Gebäudeversicherung und das Tiefbauamt haben die gegenwärtigen Dimensionierungsspitzen und Durchflussmengen, die Wiederkehrperioden von Hochwasserereignissen und das daraus resultierende Überschwemmungspotenzial aller baselstädtischen Fliessgewässer analysiert und mögliche Sofort- und Präventionsmassnahmen definiert. Die Abflusswerte der Fliessgewässer wurden dabei entweder aus bestehenden Berechnungen oder, wo vorhanden, aus Zwischenresultaten der Gefahrenkarten-Bearbeitung<sup>5</sup> entnommen.

<sup>5</sup> Die Gefahrenkarte wird derzeit im Kanton BS für den Prozess Hochwasser erstellt. Der Abschluss der Arbeiten ist für 2011 vorgesehen. In diesem Zusammenhang werden auch die Abflusswerte der Fliessgewässer und die Überschwemmungsgebiete bei Hochwasser neu berechnet. Detailliertere Angaben für das Ausmass des Schadenspotentials und der möglichen wasserbaulichen Massnahmen zum Objektschutz sind nach Abschluss der Gefahrenkartierung zu erwarten.



Die Ergebnisse decken sich weitgehend mit einer nicht veröffentlichten Studie der Swiss Re, welche sie für den Interkantonalen Rückversicherungsverband (IRV) der Kantonalen Gebäudeversicherungen erstellt hat.

In der Risikopolitik der GVBS sind Schadenereignisse mit einer Wiederkehrperiode von mindestens 100 Jahren einkalkuliert. Bei einzelnen Gefährdungen stellt sie sogar auf 500-Jahr Ereignisse ab. Die Gebäudeversicherung kann finanziell also auch seltene Schadenereignisse bewältigen, die mit einer Wahrscheinlichkeit von 1% (Wiederkehrperiode 100 Jahre), bzw. 0,2% (Wiederkehrperiode 500 Jahre) eintreten.

Nachfolgend sind die Gefährdungspotenziale und entsprechenden Massnahmen je Gewässer aufgezeigt.

#### *Rhein*

Das Rheinbett fasst ein 100- bis 200-Jahr Ereignis mit einer Durchflussmenge von 4500 bis 4700 m<sup>3</sup>/s (Dimensionierungsereignis). Auch ein 300-Jahr Ereignis mit rund 5000 m<sup>3</sup>/s ist mit Präventionsmassnahmen (Mobiler Hochwasserschutz) zu bewältigen und mit relativ geringen Schadenkosten verbunden. Überflutungen von mehr als einem halben Meter bei Durchflussmengen von 6000 bis 6500 m<sup>3</sup>/s (500- bis 1000-Jahr Ereignis) gelten als Extremereignis und verursachen hohe Schadenkosten.

Eine Zunahme der Durchflussmenge von 10% hat keine grossen Auswirkungen auf das Überschwemmungspotenzial des Rheins. Auch wenn der Rhein künftig bei einem 300-Jahr Ereignis 10% mehr Durchflussmenge (5500 m<sup>3</sup>/s) mit sich führt, bleibt das Überschwemmungspotenzial im Kantonsgebiet in etwa gleich. Mit entsprechenden Präventionsmassnahmen (Mobiler Hochwasserschutz) können sie entsprechend bewältigt werden. Über die Zunahme der Frequenz solcher 300-Jahr Ereignisse können keine Aussagen gemacht werden. Extremereignisse mit Durchflussmengen von 6000 bis 6500 m<sup>3</sup>/s werden auch in Anbetracht der Klimaänderung als äusserst selten erachtet. Eine Zunahme des Abflusses mit mehr als 6500 m<sup>3</sup>/s wird nicht erwartet.

Die Abflussmessungen der Landeshydrologie belegen den Trend der letzten Jahre zu höheren Spitzenabflüssen im Rhein. Auch wenn Hochwasserereignisse im Rhein häufiger auftreten, verändert sich dadurch das Schadenpotenzial für die Gebäudeversicherung nur unwesentlich.

## Handlungsbedarf und Massnahmeansätze

- › Auch wenn gewisse Extremereignisse (300-Jahr Ereignisse) häufiger auftreten, verändert sich dadurch das Schadenpotenzial für die Gebäudeversicherung nur unwesentlich oder überhaupt nicht.
- › Es sind keine baulichen Gewässerschutzmassnahmen erforderlich.
- › Das Anbringen eines mobilen Hochwasserschutzes ab einer Durchflussmenge von 4500 m<sup>3</sup>/s ist durch die kantonale Krisenorganisation (KKO) im Sicherheitskonzept bereits ausreichend verankert.
- › Die Öltanks in den gefährdeten Gebieten sind bereits abgespriesst.

#### *Wiese*

Die Wiese fasst ein 100-Jahr Ereignis mit einer Durchflussmenge von 220 bis 250 m<sup>3</sup>/s. Bei höheren Durchflussmengen ab 290 m<sup>3</sup>/s (300-Jahr Ereignis) werden das Gebiet der BaZ-Druckerei sowie zum Teil die Langen Erlen überflutet. Beim derzeitigen Kenntnisstand des baulichen Zustandes des Wiesedamms kann von dessen Hochwassersicherheit ausgegangen werden. Sollte sich zeigen, dass infolge der Klimaänderung die Hochwasserereignisse der Wiese über einen deutlich längeren Zeitraum andauern, müssten die Einflüsse auf die Dammsstabilität geprüft werden. Bei lang anhaltenden Hochwasserereignissen kann die Stabilität der Dämme gefährdet werden.

Eine Zunahme der Durchflussmenge von 10% hat keine Auswirkungen auf das Überschwemmungspotenzial der Wiese. Sowohl bei einem 300- als auch bei einem 500- bis 1000-Jahr Ereignis werden nur das Gebiet um die BaZ-Druckerei sowie Teilgebiete der Langen Erlen überflutet. Eine Zunahme des Abflusses mit mehr als 450 m<sup>3</sup>/s (Extremereignis) wird nicht erwartet.

Auch wenn Hochwasserereignisse häufiger auftreten, verändert sich dadurch das Schadenpotenzial für die Gebäudeversicherung nur unwesentlich.

## Handlungsbedarf und Massnahmeansätze

- › Sowohl bei einem 300- als auch bei einem 500- bis 1000-Jahr Ereignis werden das Gebiet der BaZ-Druckerei sowie Teilgebiete der Langen Erlen überflutet. Auch wenn gewisse Extremereignisse (300-Jahr Ereignisse) häufiger auftreten, verändert sich dadurch das Schadenpotenzial für die Gebäudeversicherung nur unwesentlich oder überhaupt nicht.
- › Das Gebiet um die BaZ in Kleinhüningen kann mit einer Mauererhöhung beim Wiesekreisel geschützt werden. Die GVBS wird die Mauererhöhung in Absprache mit dem Bau- und Verkehrsdepartement an die Hand nehmen. Die Kosten gehen zu Lasten des Feuerschutzfonds der Gebäudeversicherung.

### *Birs*

Die Birs fasst ein 100-Jahr Ereignis mit einer Durchflussmenge bis  $350 \text{ m}^3/\text{s}$ . Auch höhere Durchflussmengen zwischen  $350$  bis  $420 \text{ m}^3/\text{s}$  führen auf städtischem Gebiet zu keinen Überflutungen (Ausnahme Birskopf).

Die Abflussmessungen der Landeshydrologie belegen den Trend der letzten Jahre zu höheren Spitzenabflüssen in der Birs. Eine Zunahme der Durchflussmenge von 10% bei einem 300- als auch bei einem 500- bis 1000-Jahr Ereignis hat keine Auswirkungen auf das Überschwemmungspotenzial der Birs. Eine Veränderung des Maximalabflusses mit mehr als  $420 \text{ m}^3/\text{s}$  wird nicht erwartet. Auch wenn Hochwasserereignisse häufiger auftreten, verändert sich dadurch das Schadenpotenzial durch die Birs nur unwesentlich.

Es ist jedoch mittel- und langfristig anzustreben, die bestehenden Werkleitungen (Gas-Hochdruckleitungen und Starkstromleitungen) aus dem Birs-Vorland zu entfernen. Es besteht die Möglichkeit, dass bei einem Extremhochwasser die unterirdisch verlegten Leitungen infolge Ausspülungen im Birs-Vorland (Erodierung) freigelegt werden und Schaden nehmen. Im Übrigen ist das Verlegen von Werkleitungen in einem Gewässer-Vorland gemäss der neuen Gewässerschutzverordnung, welche Anfang 2011 in Kraft getreten ist, nicht mehr zulässig.





## Handlungsbedarf und Massnahmeansätze

- › Auch wenn gewisse Extremereignisse (300-Jahr Ereignisse) häufiger auftreten, verändert sich dadurch das Schadenpotenzial nur unwesentlich oder überhaupt nicht.
- › Das Anbringen von einem mobilen Hochwasserschutz ab einer Durchflussmenge von 350 m<sup>3</sup>/s im Bereich Birsstrasse/St. Jakob ist durch die kantonale Krisenorganisation (KKO) im Rahmen der Gefährdungsanalyse zu prüfen.
- › Mittel- und langfristig ist anzustreben, die bestehenden Werkleitungen aus dem Birs-Vorland zu entfernen.

### Birsig

Der Birsig stellt das grösste Überschwemmungspotenzial in der Stadt Basel dar. Bereits ein 100-Jahr Ereignis mit einer Durchflussmenge von 64 m<sup>3</sup>/s kann zu Überschwemmungsschäden beim Zoo, im oberen Bereich der Steinentorstrasse und bei den Birsig-Parkplätzen führen. Ein 300-Jahr Ereignis würde sehr grosse Schäden durch Überflutungen in der Innenstadt verursachen. Das Überschwemmungspotenzial wird insbesondere dadurch verschärft, dass die Durchflussmenge der Birsigüberdeckung zwischen Munimattbrücke<sup>6</sup> und Rhein durch den Einbau der Fernwärmehauptleitung und die Korrektur des Einlaufbauwerks im Bereich Munimattbrücke auf ca. 64 m<sup>3</sup>/s verringert wurde. Ohne diese baulichen Veränderungen würde die Durchflussmenge ca. 90 m<sup>3</sup>/s betragen.

Rechnet man mit einer Zunahme von 10% der Wassermenge, wird aus der Schadenbelastung eines 100-Jahr Ereignis die Schadenbelastung eines 200-Jahr Ereignisses.

Als wichtigste Massnahme, um die Folgen eines Hochwassers durch den Birsig auffangen zu können, gilt die Verlegung der Fernwärmehauptleitung aus dem Birsigstollen in die angrenzenden Strassen. Dadurch entstehen sowohl bei einem 100-Jahr als auch bei einem 300-Jahr Ereignis keine grösseren Schäden.

Mit Vorliegen der detaillierten Betrachtungen zur Gefahrenkarte sollte eine Kapazitätserweiterung der Eingangspartie der Birsig-

überdeckung auf die ursprüngliche Abflussgrösse von 90 m<sup>3</sup>/s in Angriff genommen werden. Diese Massnahme sollte kurzfristig und unabhängig von einer Öffnung des Birsig oder einer Verlegung der Fernwärme an die Hand genommen werden.

Als permanente Präventionsmassnahme muss durch die kantonale Krisenorganisation (KKO) sichergestellt werden, dass bei drohendem Hochwasser (auch kleineren Ausmasses) beim Eingang in die Birsigüberdeckung bei der Munimattbrücke das Schwemmholz rund um die Uhr aus dem Wasser entfernt und abgeführt wird. Verkeilt sich Schwemmholz im Eingangsbereich, kann es zu einem Rückstau kommen und Teile der Innenstadt werden wie bei einem 300-Jahr Ereignis überflutet.

<sup>6</sup> Munimattbrücke wird die Birsigüberdeckung beim Birsigparkplatz an der Heuwaage genannt.

## Handlungsbedarf und Massnahmeansätze

- › Wie bisher muss als Sofortmassnahme bei Hochwasser durch die Feuerwehr sichergestellt werden, dass ein Bagger das Schwemmholz beim Eingang zur Birsigüberdeckung bei der Munimattbrücke laufend entfernt.
- › Als wichtigste Massnahme muss die Fernwärmehauptleitung aus dem Birsigstollen in die angrenzenden Strassen verlegt werden.
- › Mit Vorliegen der detaillierten Betrachtungen zur Gefahrenkarte sollte das Einlaufbauwerk im Bereich der Munimattbrücke wieder auf die frühere Abflussgrösse von 90 m<sup>3</sup>/s zurückgebaut werden.
- › Es müssen sämtliche Öltanks im Überschwemmungsperimeter gespriesst werden.

*Dorenbach, Allschwilerbach, Seitengewässer Riehen/Bettingen (Aubach, Immenbach, Bettingerbach), Seitengewässer Wiese (Mühletych, Neuer Tych, Alter Tych, Riehentych, Oberwasserkanal, Otterbach)*

Die Abflussmenge dieser Gewässer liegt zwischen 5 bis 7 m<sup>3</sup>/s. Eine Zunahme der Abflussmenge um 10% hat vermutlich keine Auswirkungen auf das Überschwemmungspotenzial dieser Gewässer. Das gegenwärtige Überschwemmungspotenzial wird



zurzeit im Zusammenhang mit dem Erstellen der Gefahrenkarte errechnet. Genauere Zahlen sind Ende 2011 erhältlich.

## Sturmwind

Aussagen über die Klimafolgen und deren Auswirkungen auf die Häufigkeit und Intensität von Sturmereignissen sind schwierig zu machen. Die Gebäudeversicherung stellt bei ihrer Einschätzung auf Aussagen von Wissenschaftlern der Universitäten Bern und Basel ab. Deren wissenschaftliche Untersuchungen haben ergeben, dass in der Schweiz die Möglichkeit intensiver Sturmereignisse (höhere Schäden) im Winter, nicht aber deren Häufigkeit (Frequenz) zunimmt. Oder anders formuliert: In Mitteleuropa ist eher mit einer Abnahme der Häufigkeit von Stürmen zu rechnen, hingegen dürften heftigere Winterstürme häufiger werden.

Die Gebäudeversicherung rechnet auch unter veränderten Klimabedingungen nicht mit einer höheren Schadenfrequenz. Sie sieht sich jedoch mit einer höheren Schadenbelastung konfrontiert. Künftig wird somit ein 80-Jahr Ereignis ein Schadensausmass eines 100-Jahr Ereignisses aufweisen. Zum Vergleich: 1990 verursachte der Wintersturm Vivian, eingestuft als 4-Jahr bis 8-Jahr Ereignis, im Kanton Basel-Stadt Schäden (indexiert) von ca. CHF 8 Mio. Der Wintersturm Lothar verursachte 1999 als 10-Jahr bis 20-Jahr Ereignis Schäden (indexiert) von ca. CHF 28 Mio. Neu werden solche Ereignisse bereits alle 4 bis 8 Jahre bzw. alle 8 bis 16 Jahre eintreten.

## Handlungsbedarf und Massnahmeansätze

- › Eine Zunahme der Sturm-Schadenbelastung fängt die GVBS kurzfristig über ihre Rückversicherung auf. Längerfristig muss mit höheren Rückversicherungskosten gerechnet werden, was u.U. zu höheren Versicherungsprämien führen könnte.

## Hagelschlag

Beim Hagelrisiko ist keine Prognose über eine allfällige Erhöhung durch die Klimaänderung möglich, weder für das Schadensaus-

mass noch für die Frequenz. Seit 1940 haben zwar die Grosswetterlagen, welche in der Schweiz für extreme Hagelereignisse verantwortlich sind, zugenommen. Grund dafür sind die steigenden Temperaturen, welche bewirken, dass die Luft mehr Feuchtigkeit aufnimmt. Dies führt häufiger zu starken Gewittern mit zunehmender Hageltätigkeit. Weil Hagelschläge jedoch sehr lokale Ereignisse sind, ist es schwierig, sie mit Klimamodellen zu simulieren.

Im Verhältnis zur Häufigkeit und Intensität der Hagelereignisse hat das Schadensausmass in den letzten Jahren überproportional zugenommen. Die kantonalen Gebäudeversicherungen verzeichneten in den vergangenen 15 Jahren rund viermal höhere Schäden als in den 1960er und 1970er Jahren. Dies ist nicht allein auf die intensiveren Hagelzüge zurückzuführen, sondern hat seine Ursache auch in gesellschaftlichen Veränderungen. Dazu gehören die Verwendung von Materialien, die nicht hagelgeeignet sind (z.B. Lamellenstoren oder gewisse Metall-Fassadenverkleidungen etc.), sowie das höhere Anspruchsdenken der Versicherten, welche auch rein ästhetische Schäden entschädigt haben wollen.

Für GVBS stellt Hagel das grösste Risiko dar. Die hohe Wertkonzentration auf dem kleinflächigen Raum des Kantons führt dazu, dass bereits bei einem mittelgrossen Hagelschlag unzählige Policen von hohen Schäden betroffen sind. Der vermehrte Einbau von nicht hagelgeeigneten Materialien verschärft das enorme Schadenpotenzial zusätzlich.

Der effektivste Schutz vor Hagelschäden ist die Verwendung von hagelgeeigneten Baumaterialien. Die Vereinigung Kantonalen Feuerversicherungen (VKF) erarbeitet zusammen mit verschiedenen Verbänden der Baumaterialherstellung ein Verzeichnis über hagelgeeignete Baumaterialien, das sogenannte Hagelschutzregister. Ziel des Hagelschutzregisters ist es, ab 2010 sämtliche Bauprodukte der Gebäudehülle hinsichtlich ihres Hagelwiderstandes zu klassieren. Die Baumaterialien oder Bauteile werden in fünf Hagelwiderstandsklassen (HW 1–5) eingeteilt.

Der Kanton Basel-Stadt liegt in einer Zone, die mindestens einmal in 50 Jahren von einem Hagelereignis mit Korngrösse 3 cm oder grösser betroffen wird. Das Hagelregister verlangt, dass in dieser Zone nur Baumaterialien oder Bauteile verwendet werden, welche den Hagelwiderstand HW 3 aufweisen.

Besondere Bedeutung erlangt das Hagelschutzregister beim Einbau von Solaranlagen (Thermische-, Photovoltaikanlagen), da die-



se besonders hagelgefährdet sind. Die gängigen Produkte auf dem Markt stammen meist aus dem EU-Raum oder aus China. Aus dem EU-Raum importierte Produkte verfügen meist über ein EU-Hagelzertifikat (Norm EN 12975-2). Dieses verlangt jedoch nur einen Hagelwiderstand HW 2,5 (Hagelkorndurchmesser 2,5 cm). In Deutschland und Nordeuropa wird diese Hagelwiderstandsklasse bei den dort existierenden Hagelintensitäten als ausreichend klassiert.

Zurzeit versichert die GVBS Solaranlagen, die dem Eigenbedarf dienen und der EU Norm 12975-2 (HW 2,5) entsprechen, ohne Einschränkungen. Das Gleiche gilt für Solaranlagen, die über keinen Hageltest verfügen, aber eine Abdeckung aus gehärtetem Glas mit einer Dicke von mindestens 3 mm aufweisen. Solaranlagen, welche rein betriebstechnischen Zwecken dienen oder keine Hagelwiderstandsanforderungen erfüllen, können bei der GVBS nicht versichert werden.

Da die Schweiz in einer Hagelzone mit erhöhter Gefährdung liegt, stellt sich die Frage, ob in Zukunft die Hagelwiderstandsklasse HW 3 auch für Solaranlagen vorgeschrieben werden soll. Dies würde dazu führen, dass EU-Produkte nicht ohne weiteres in der Schweiz eingebaut werden könnten. Zu beachten ist dabei auch, dass der VKF Testbedingungen anwendet, die von den Internationalen Normen abweichen, was als widerrechtliches Handelshemmnis interpretiert werden könnte. Diesem Konflikt muss im künftigen VKF-Hagelschutzregister oder bei dessen rechtsverbindlicher Übernahme in den Kantonen genügend Rechnung getragen werden.

## Handlungsbedarf und Massnahmeansätze

- › Das VKF-Hagelschutzregister soll im Kanton Basel-Stadt rechtsverbindlich erklärt werden. Damit wird sichergestellt, dass Baumaterialien und Bauprodukte einen genügend grossen Hagelwiderstand aufweisen. Besonders zu beachten ist dabei das Problem der Solaranlagen bzw. ihre unterschiedliche Bewertung in der Schweiz und der EU.

## 2.8.3 Kosten und Dienststellen

### *Baulicher Hochwasserschutz*

#### › Wiese:

Die Kosten für die Mauererhöhung beim Wiesekreisel sind unbedeutend und gehen zu Lasten des Feuerschutzfonds der Gebäudeversicherung.

#### › Birs:

Für die Entfernung der bestehenden Werkleitungen aus dem Birs-Vorland ist eine Kostenabschätzung erforderlich.

#### › Birsig:

Der Ausbau der Fernwärmehauptleitung aus dem Birsigstollen sowie die Kapazitätserweiterung der Eingangspartie der Birsigüberdeckung belaufen sich auf rund CHF 20 Mio. (genaue Kosten für diese Massnahmen müssten noch erhoben werden). Zusätzlich müssen sämtliche Öltanks im Überschwemmungsperimeter gespriesst werden.

Die Massnahmen sind in Zusammenarbeit mit der GVBS, dem Bereich Städtebau & Architektur, dem Tiefbauamt und der IWB umzusetzen. Das Spriessen der Öltanks erfolgt durch die GVBS in Zusammenarbeit mit dem Zivilschutz.

### *Mobiler Hochwasserschutz*

Der mobile Hochwasserschutz wird bei kritischen Durchflussmengen für alle Fliessgewässer durch die Kantonale Krisenorganisation gewährleistet.

Eine Zunahme der Sturm-Schadenbelastung infolge der Klimaerwärmung fängt GVBS kurzfristig über ihre Rückversicherung auf. Längerfristig muss mit höheren Rückversicherungskosten gerechnet werden, was unter Umständen zu höheren Versicherungsprämien führen könnte.





# 2.9

## Stadtentwässerung

## 2.9.1 Ausgangslage

Das Abwasser im Kanton Basel-Stadt wird grösstenteils im Mischsystem entwässert, d.h. Schmutzabwasser und Regenwasser werden über dasselbe Kanalisationsnetz zur Kläranlage geleitet. Dabei muss zwischen der Liegenschaftsentwässerung und dem eigentlichen Kanalnetz (öffentliche Kanalisation) unterschieden werden.

Die Liegenschaftsentwässerung umfasst den Kanalabschnitt von der Liegenschaft in das öffentliche Kanalnetz der Stadtentwässerung und ist gemäss Schweizer Norm mit einer Regenintensität von  $300 \text{ l/(s*ha)}$  zu bemessen. Die Kapazität der öffentlichen Kanalisation ist für einen Regen dimensioniert, welcher statistisch gesehen einmal in 5 Jahren fällt.

Bei sehr starken Regenfällen kann die Kanalisation nicht mehr das gesamte Mischabwasser aufnehmen. Im unteren Abschnitt der öffentlichen Kanalisation bestehen deshalb zusätzlich Regenentlastungen, bei denen stark verdünntes Schmutzwasser in die Oberflächengewässer Rhein, Birs, Wiese und Birsig abgeleitet wird. Diese Regenentlastungen sind derzeit so bemessen, dass sie ab einer Regenintensität von  $15 \text{ l/(s*ha)}$  in den Rhein und  $30 \text{ l/(s*ha)}$  in Wiese, Birs und Birsig entlasten. Dies entspricht einer maximalen Entlastungsdauer von rund 20 Stunden pro Jahr in

den Rhein und rund 6 Stunden in die übrigen Gewässer. Zu einer Überlastung der Kanalisation mit Rückstau in die Keller der Liegenschaften oder Abheben der Dolendeckel kommt es erst ab Niederschlagsintensitäten, die grösser sind als die Regenintensität eines 5-Jahr Ereignisses.

## 2.9.2 Klimafolgen – Auswirkungen und mögliche Massnahmen

### Dimensionierung der Kanalisation und Dauer der Regenentlastung

Die Zunahme der Niederschlagsmenge im Winter und teilweise im Sommer führt dazu, dass insgesamt mehr Abwasser zur Abwasserreinigungsanlage fliesst. Zwei Faktoren sind dabei zu beachten: Einerseits ist die Intensitätsspitze eines Regenereignisses für die Dimensionierung der Kanalisation und damit den Kanaldurchmesser massgebend, damit keine Überlastungen, respektive keine Rückstaus im Kanalnetz entstehen. Andererseits können lang andauernde Starkregen mit grossen Regenmengen die Dauer der Entlastungen bei den im unteren Abschnitt der öffentlichen Kanalisation angebrachten Überläufen (Regenentlastungen) verlängern.

Die Auswertung sämtlicher Niederschläge (10-Minuten-Werte) der Jahre 1989 bis 2009 der SMA-Messstation in Binningen zeigen keinen Trend zu intensiveren Starkniederschlägen (Regenintensitätsspitzen). Eine Anpassung der Modellregen und damit auch der Kanalisationsdimensionierung, respektive der Kanaldurchmesser ist somit nicht nötig. Überlastungen und Rückstaus aufgrund höherer Intensitätsspitzen werden nicht erwartet.

Die Niederschläge werden jedoch erwartungsgemäss eher grössere Regenmengen bringen. Ob die Zunahme der extremen Niederschläge und der damit verbundene Mehrabfluss zur Ab-



wasserreinigungsanlage eine stärkere Belastung der Oberflächengewässer durch häufigere und/oder länger dauernde Regenentlastungen zur Folge hat, muss anhand der aktuellen und der zu erwartenden Regenreihen überprüft werden. Eine Überlagerung der Entlastungsereignisse mit Niedrigwasserabflüssen in den Gewässern würde die erwähnten Probleme akzentuieren (Sommergewitter bei tiefem Wasserstand).

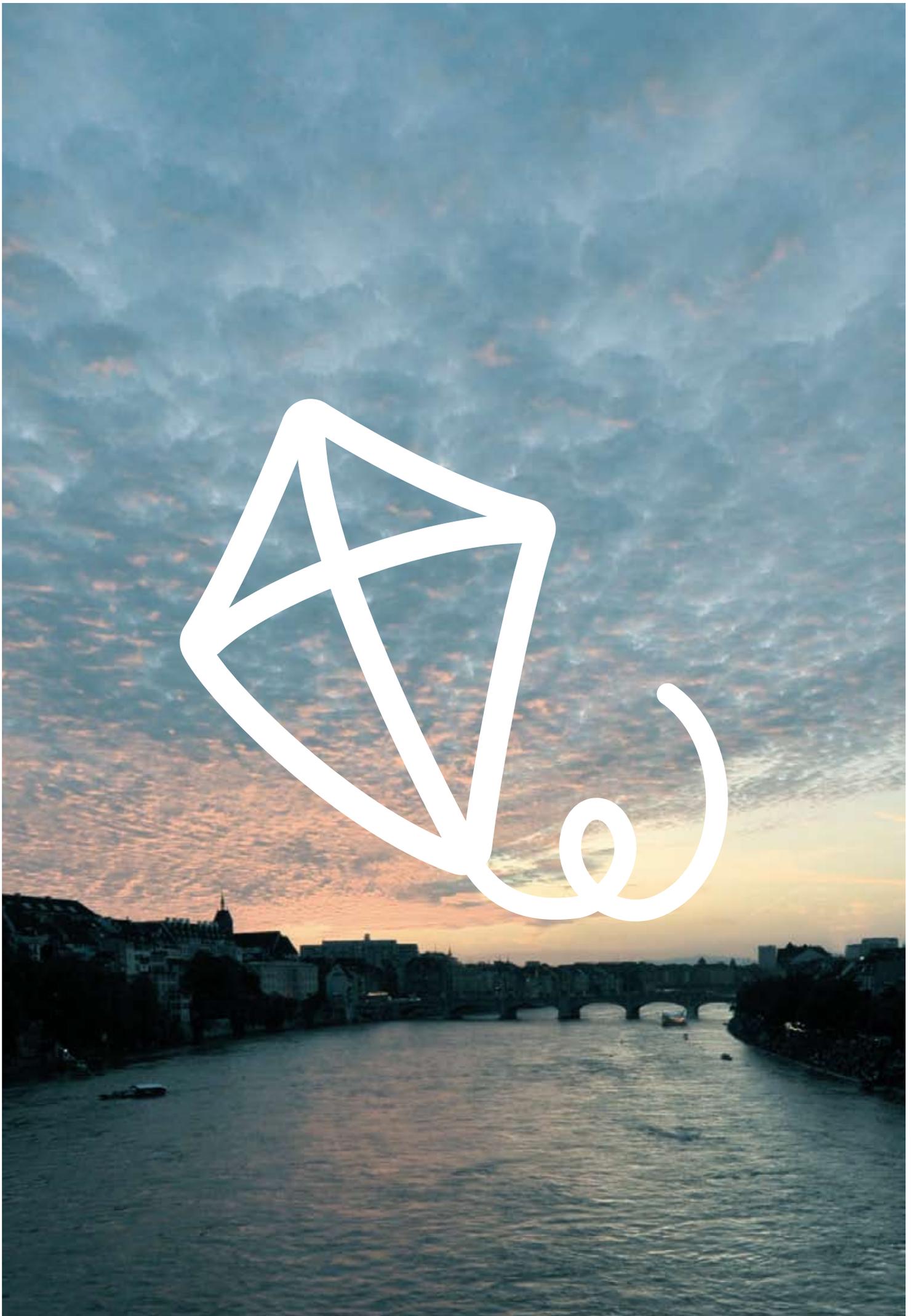
## 2.9.3

### Kosten und Dienststellen

Die zu erwartenden Kosten sind zurzeit noch nicht absehbar. Neben den Fachstellen für Gewässerschutz und Stadtentwässerung sind auch die Bereiche Wasserbau und Raumplanung betroffen.

## Handlungsbedarf und Massnahmeansätze

- › Eine Anpassung der Dimensionierung der Kanalisation aufgrund höherer Regenintensitätsspitzen ist nicht notwendig. Die Gefahr einer Überschwemmung, respektive eines Rückstaus ändert sich nicht.
- › Niederschlagswasser soll vermehrt durch Versickerung vom Mischsystem ferngehalten werden. Bei der Überarbeitung der generellen Entwässerungspläne (GEP) ist zu berücksichtigen, dass Regenentlastungen in Oberflächengewässer in Zukunft häufiger auftreten können. Die hydraulischen Berechnungen des Entwässerungssystems sollten mit den erwarteten, veränderten Regendaten durchgeführt werden. Falls diese Berechnungen einen vermehrten Schadstoffeintrag in die Gewässer aufzeigen, müsste das Kanalisationsnetz mit zusätzlichem Retentionsvolumen (Speicherkanäle) oder Mischwasserüberlaufbecken erweitert werden. Dabei ist eine integrale Betrachtung des Entwässerungsnetzes im gesamten Einzugsgebiet der ARA Basel erforderlich, um eine optimale Bewirtschaftung des Abwasserstromes zu ermöglichen.
- › Von Seiten des Bundes sollten geeignete Modellregeln für die verschiedenen Regionen erarbeitet werden. Zudem sollten die Anforderungen für Regenentlastungen in die grossen Gewässer (Rhein) konkretisiert werden. Auf regionalpolitischer Ebene ist die Zusammenarbeit mit den Gemeinden im Einzugsgebiet zu fördern, z.B. durch Gründung von Zweckverbänden.





# 2.10

## Luftqualität und Stadtklima

## 2.10.1 Ausgangslage

Die Werte des Luftmessnetzes sowie die Immissionskarten zeigen im Kanton Basel-Stadt eine übermässige Luftbelastung mit Stickstoffdioxid an Hauptverkehrsachsen, mit Feinstaub in der Stadt und mit Ozon im ganzen Kanton auf. Auf der Basis der bisherigen Luftreinhaltepläne von 1990, 2004 und 2007 konnte mit technischen Massnahmen eine deutliche Besserung der Luftsituation erreicht werden. Die Massnahmen im aktuellen Luftreinhalteplan 2010, zusammen mit den Massnahmen auf Bundes- und europäischer Ebene haben zum Ziel, bis 2020 eine weitere Senkung der Luftbelastung zu erreichen.

Das Stadtklima von Basel mit seinen Wärmeinseln ist in verschiedenen Arbeiten des Meteorologischen Institutes der Universität Basel dokumentiert worden. Speziell für planerische Zwecke hat das Institut im Jahr 1997/98 im Auftrag des Lufthygieneamts (LHA) und der Planungsämter Basel-Stadt und Basel-Landschaft die Klimaanalyse Basel (KABA) durchgeführt. Diese Analyse weist Gebiete mit starker Überwärmung und schlechter Durchlüftung aus, wobei summarische Planungsempfehlungen abgegeben werden. Bei planerischen Vorhaben werden diese Planungshinweise beigezogen.

## 2.10.2 Klimafolgen – Auswirkungen und mögliche Massnahmen

### Luftqualität

Klimatische Einflüsse auf die Luftqualität machen sich bei der chemischen Umwandlung (Ozon) und der Verdünnung der Luftschadstoffe (Inversionshäufigkeit, Frontdurchgang mit Auswaschen der Schadstoffe) bemerkbar. Diese können sich sowohl negativ als auch positiv auf die Luftqualität auswirken. Die quantitativen Auswirkungen lassen sich am besten anhand von bereits eingetretenen extremen Witterungen abschätzen.

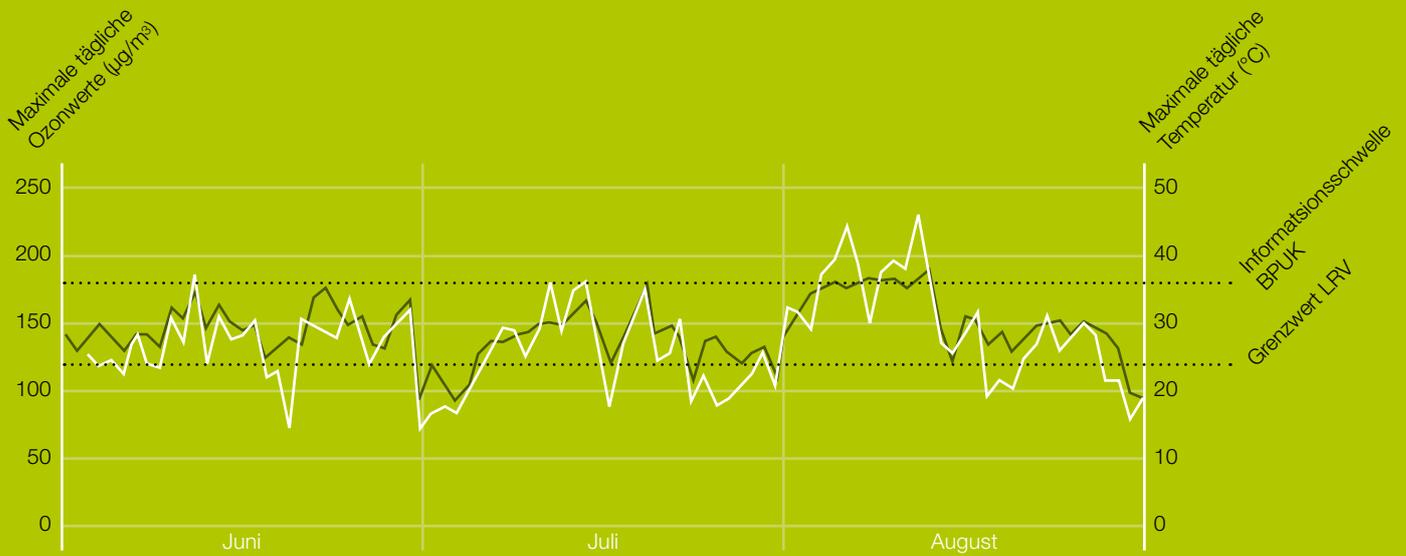
*Der Hitzesommer 2003 im Vergleich zu den kühlen Sommern 2008 und 2009*

**Ozon:** Im Sommer 2003 wurde der Stundengrenzwert der Luftreinhalteverordnung für Ozon ( $120 \text{ g/m}^3$ ) je nach Standort während 450 bis 640 Stunden überschritten. Der Informationswert gemäss Smogkonzept der Bau-, Planungs- und Umweltschutzdirektorenkonferenz ( $180 \text{ g/m}^3$ ) wurde je nach Standort an 30 bis 70 Stunden überschritten. Verglichen mit den kühlen Sommern 2008 und 2009 ist dies ein Mehrfaches der üblichen Belastung. Grund dafür ist die intensive Ozonbildung während heisser Sommer mit viel Sonneneinstrahlung und wenig Regen (siehe Grafik Seite gegenüber und Tabellen auf Seite 96 und 97).



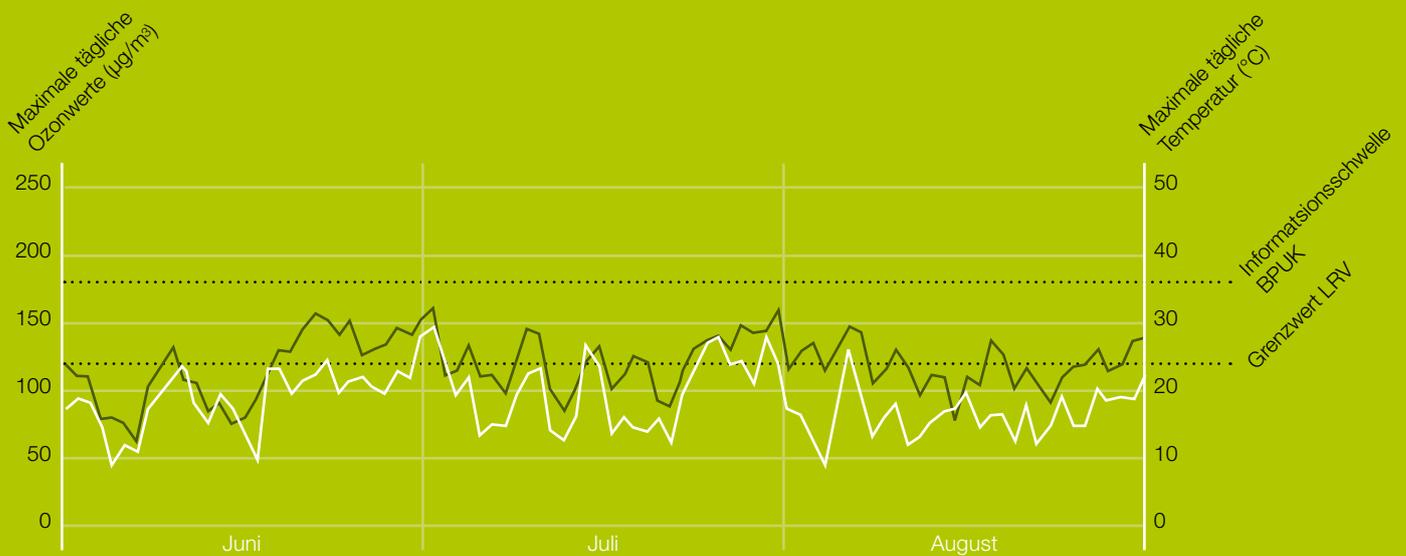
## Korrelation von Ozonspitzenwerten mit hohen Temperaturen

### Verlauf Ozon – Temperatur: Sommer 2003



**Hitzesommer 2003:** Hohe Temperaturen korrelieren mit Ozonspitzenwerten

### Verlauf Ozon – Temperatur: Sommer 2008



**Nasskühler Sommer 2008:** Ozonspitzenwerte und Temperaturen sind niedriger als im Sommer 2003

— St. Johann O<sub>3</sub>\_max\_h1 µg/m<sup>3</sup>  
 — Binningen Temp\_2m\_max\_min30°C



Ozon entsteht aus Vorläuferschadstoffen (Stickoxid und flüchtige organische Verbindungen) unter starker Sonneneinstrahlung und weist grosse Transportdistanzen auf. Die Ozonbelastung ist deshalb nicht nur eine Folge der lokalen Luftbelastung sondern wird auch stark durch weit entfernte Emissionen beeinflusst. Wissenschaftliche Arbeiten belegen den Anstieg der weltweiten Hintergrundbelastung bei Ozon durch die Zunahme der Emissionen in Asien und Amerika. Deshalb haben auch massive lokale Emissionsminderungen keinen deutlichen Rückgang der übermässigen Ozonbelastung zur Folge.

**Stickstoffdioxid:** Im Sommer 2003 war die Stickstoffdioxid-Konzentration höher als während der kühlen Sommer 2008 und 2009. An den Hauptverkehrsstrassen war im Hitzesommer 2003 die Zahl der Überschreitungen des Tagesgrenzwertes (80 g/m<sup>3</sup>) deutlich höher als in den regnerischen Sommern 2008 und 2009. Grund dafür ist die verstärkte Bildung von Stickstoffdioxid an den Strassen im Rahmen der Ozonbildung (Tabelle unten). Dieser Prozess wird auch bei massnahmenbedingter Reduktion der NO<sub>x</sub>-Emissionen bei heisser Sommerwitterung nach wie vor ablaufen.

### Luftschadstoffe in heissen und kühlen Sommern

Sommer	Einheit	Heiss Juni– August 2003	Kühl Juni– August 2008	Kühl Juni– August 2009	Norm 1960–90	Norm 2000–2009
<b>Parameter Meteorologie</b>						
<b>Basel-Binningen</b>						
Mitteltemperatur	°C	22,8	18,9	18,8	17,9	19,3
Anz. Sommertage (>=25°C)	d	81	41	38	39,1	47,5
Anz. Hitzetage (>=30°C)	d	43	14	16	9,8	16,7
Sonnenstunden	h	907	635	700	661	722
NS-Menge	mm	138	224	283	255	272
NS-Tage>10mm	d	4	7	11	8	9
NS-Tage>20mm	d	0	2	3	3	3
Mittlere Windgeschwind.	m/sec	1,9	2,1	1,9	2,1	2,1
Anz. Tage Windmax.>10m/s	d	27	33	32	28,8	34,3
<b>Parameter Luftqualität</b>						
<b>BS St.Johannplatz</b>						
O <sub>3</sub> : Anz. h>120µg/m <sup>3</sup>	h	452	37	41		144
O <sub>3</sub> : Anz. h>180µg/m <sup>3</sup>	h	28	0	0		5,1
NO <sub>2</sub> : Mittelwert	µg/m <sup>3</sup>	27,0	20,1	21,9		24,1
PM <sub>10</sub> : Mittelwert	µg/m <sup>3</sup>	20,2	16,4	15,9		16,9
<b>Binningen (NABEL)</b>						
O <sub>3</sub> : Anz. h>120µg/m <sup>3</sup>	h	639	107	152		249
O <sub>3</sub> : Anz. h>180µg/m <sup>3</sup>	h	71	0	0		28,8
NO <sub>2</sub> : Mittelwert	µg/m <sup>3</sup>	18,5	11,8	12,4		14,9
PM <sub>10</sub> : Mittelwert	µg/m <sup>3</sup>	23,7	13,4	12,7		17,5
<b>BS Feldbergstrasse</b>						
NO <sub>2</sub> : Mittelwert	µg/m <sup>3</sup>	78,2	58,4	59,6		64,5
NO <sub>2</sub> : Anz. Tage>IGW	d	39	4	7		14,4
PM <sub>10</sub> : Mittelwert	µg/m <sup>3</sup>	27,5	19,3	21,9		23,1
PM <sub>10</sub> : Anz. Tage>IGW	d	0	0	0		0,3



**Feinstaub:** Auch die mittlere Feinstaub-Konzentration ist während heisser Sommer deutlich höher als während kühler Sommer. Grund dafür ist die bessere Durchlüftung und der häufige Luftmassenwechsel bei kühlen, regnerischen Sommern (Tabelle Seite 96). Auch dieser meteorologisch bedingte Prozess wird weiter bestehen.

Auch bei weiteren starken Emissionsminderungen aufgrund des technischen Fortschritts und der Massnahmen werden während heisser sonniger Sommer höhere Konzentrationen an Stickoxid

und Feinstaub zu beobachten sein, als während nasskalter Sommer. Grundsätzlich führen zwar die Massnahmen zu einer Reduktion der Luftbelastung (Stickoxid, Feinstaub), doch wird diese durch den negativen Effekt der Klimaänderung zu heissen, sonnigen Sommern zumindest teilweise kompensiert.

#### *Der warme Winter 2007 im Vergleich zum kalten Winter 2006*

Warme Winter weisen häufige Frontdurchgänge, verbunden mit Regen, starken Winden und dem Einfließen von neuen, unbelas-

## Luftschadstoffe in warmen und kalten Wintern

Winter	Einheit	Kalt Januar–Februar 2006	Warm Januar–Februar 2007	Norm 1960–90	Norm 2000–2009
<b>Parameter Meteorologie</b>					
<b>Basel-Binningen</b>					
Mitteltemperatur	°C	-1,2	6,2	1,5	2,8
Anz. Frosttage (Min. <0,0°C)	d	40	11	32,9	14,7
Anz. Eistage (Max. <0,0°C)	d	9	3	7,9	5,7
Sonnenstunden	h	163	170	146	171
NS-Menge	mm	48	115	105	88
NS-Tage>10mm	d	1	3	2,3	2,6
Tage mit Schneedecke	d	15	6	18,3	12,2
Mittlere Windgeschwind.	m/sec	2,5	3,1	2,9	2,8
Anz. Tage Windmax.>10m/s	d	15	30	21,4	21,7
<b>Parameter Luftqualität</b>					
<b>BS St.Johannplatz</b>					
NO <sub>2</sub> : Mittelwert	µg/m <sup>3</sup>	44,2	33,5		39,8
PM <sub>10</sub> : Mittelwert	µg/m <sup>3</sup>	42,3	22,0		30,3
PM <sub>10</sub> : Anz. Tage>IGW	d	22	2		9,1
<b>Binningen (NABEL)</b>					
NO <sub>2</sub> : Mittelwert	µg/m <sup>3</sup>	45,9	28,1		37,2
PM <sub>10</sub> : Mittelwert	µg/m <sup>3</sup>	44,0	20,5		30,7
<b>BS Feldbergstrasse</b>					
NO <sub>2</sub> : Mittelwert	µg/m <sup>3</sup>	65,0	60,0		59,8
NO <sub>2</sub> : Anz. Tage>IGW	d	9	4		4,8
PM <sub>10</sub> : Mittelwert	µg/m <sup>3</sup>	49,7	27,9		37,2
PM <sub>10</sub> : Anz. Tage>IGW	d	24	6		14,0



teten Luftmassen auf. Dadurch bauen sich keine starken, lang dauernden Inversionslagen auf. Diese Faktoren führen dazu, dass die Luftbelastung während warmer, regnerischer Winter deutlich niedriger ist als in kalten Wintern mit stagnierender Luft. Zusätzlich wird in warmen Wintern weniger Heizenergie verbraucht und damit entstehen weniger Schadstoffe aus den Heizungen.

Im warmen, regnerischen Winter 2007 war die Stickstoffdioxid-Konzentration 10 bis 30% niedriger als im kalten Winter 2006. Beim Feinstaub machte der entsprechende Rückgang sogar 50% aus. Auch die Zahl der Tage mit übermässiger Belastung war 2007 markant weniger häufig als im 2006.

## Handlungsbedarf und Massnahmeansätze

Die Klimaänderung wird sich im *Sommer negativ* auf die Luftqualität, speziell die Ozonbelastung auswirken. Ein weiterer Rückgang der Ozonbelastung setzt Massnahmen auf europäischer Ebene voraus. Ziel der Luftreinhaltung ist es, durch dauerhafte Massnahmen bei Stickoxiden, Feinstaub und flüchtigen organischen Verbindungen die Luftbelastung in Zukunft gegenüber dem heutigen Zustand nochmals deutlich zu senken. Gelingt dies, so wird der negative Effekt aufgrund der Klimaänderung bei Stickoxid und Feinstaub mindestens kompensiert werden.

Die Klimaänderung wird sich im *Winter positiv* auf die Luftqualität auswirken. Es ist von einer Abnahme der Luftbelastung auszugehen (bessere Durchlüftung und häufige Frontdurchgänge). Die Veränderung zu Wintern mit weniger langen Kälteperioden und weniger Eis- und Frosttagen verringert zudem den Heizbedarf für Raumwärme. Damit sinken die Emissionen aus Heizungen.

## Stadtklima und Wärmeinseleffekt

Die Stadt schafft ihr eigenes Klima. Gründe dafür sind die hohe Speicherkapazität der Bauten und Gebäude, die Versiegelung der Bodenoberfläche, die Wärmeabgabe durch Prozesse wie auch die Veränderung der Durchlüftung durch die Baustrukturen. Wichtige Merkmale des Stadtklimas sind die verminderte Durchlüftung und die Überwärmung, welche sich vor allem nachts bemerkbar machen.

Heisse und trockene Sommer führen zu einer grossen Ausdehnung der thermisch überwärmten Gebiete in der Stadt (Wärmeinseln) und einer langen Dauer der hohen, belastenden Temperaturen. Kritisch für das Wohlbefinden sind vor allem Nächte im Sommer mit hohen Temperaturen, verbunden mit hohem Dampfdruck. Diese belastende Schwüle wird bei Südwest-Wetterlagen beobachtet und ist deshalb grossräumig gesteuert. Sie kann nicht durch lokale Massnahmen verhindert werden. Durch geeignete planerische und bauliche Massnahmen kann aber die Auswirkung des Wärmeinseleffekts vermindert werden.

Über eine Zu- oder Abnahme der lokalen Windzirkulationen lassen sich keine Aussagen machen. Die lokale Windzirkulation ist für die Lüfterneuerung und die Abkühlung der Stadt wichtig.

## Handlungsbedarf und Massnahmeansätze

Die Klimaänderung wird im Sommer den negativen Effekt des Stadtklimas verstärken. Der klimagerechten Stadt- und Bauplanung muss deshalb in Zukunft mehr Beachtung geschenkt werden.

Mögliche Gegenmassnahmen sind:

- › Erhöhung des Grünflächenanteils und Verminderung der versiegelten Fläche
- › Anpflanzen von Baumalleen als Schattenspender
- › Luftbahnen für Frischluft freihalten oder schaffen
- › Anteil der reflektierten Strahlung durch geeignete Wahl von Gebäudefarben erhöhen
- › Einbau von Systemen zur Abgabe der im Innern von Gebäuden gefangenen Wärme während der Nacht
- › Sonnenschutz der Gebäude und der Fensterflächen



## 2.10.3 Kosten und Dienststellen

Die Weiterführung des Luftreinhalteplans beider Basel und der Erhebungen zur Luftqualität sind Daueraufgaben des Lufthygieneamtes. Die Klimaanalyse Basel (KABA) liegt bald 15 Jahre zurück. Ihre Aussagen haben nach wie vor Gültigkeit. Aufgrund der baulichen Veränderungen und dem Aspekt der Klimaänderung ist es jedoch notwendig, die Klimaanalyse in den nächsten Jahren wieder aufzudatieren. Dabei sollten auch städtebauliche Szenarien unter dem Aspekt der Klimaänderung berechnet werden.

Die zu erwartenden Kosten sind zurzeit noch nicht zu beziffern. Im Rahmen einer Aufdatierung der Klimaanalyse müssen die Planungsämter der Kantone Basel-Stadt und Basel-Landschaft beteiligt sein, allenfalls auch der Bereich Energie des AUE wie auch der Gesundheitsschutz.





# 2.11

## Gesundheit

## 2.11.1 Ausgangslage

Wie aus der schweizerischen Gesundheitsbefragung im Jahr 2002 hervorgeht, schätzen 80% der Bevölkerung im Kanton Basel-Stadt ihren Gesundheitszustand als «gut» oder «sehr gut» ein. Der Altersquotient im Kanton Basel-Stadt ist im Vergleich zum schweizerischen Mittelwert mit 32% (Stand 2009) relativ hoch. Das Bundesamt für Statistik prognostiziert für den Kanton für die kommenden Jahre eine Zunahme des Altersquotienten. Infolgedessen werden vorwiegend jene klimabedingten Faktoren, welche die älteren Menschen betreffen, relevant sein.

## 2.11.2 Klimafolgen – Auswirkungen und mögliche Massnahmen

Es ist zu erwarten, dass sich der Klimawandel in verschiedenen Bereichen auf die menschliche Gesundheit auswirken wird. Die relevantesten Folgen für die Gesundheit der Basler Bevölkerung gehen aus der zunehmenden Hitzebelastung und der verstärkten Luftschadstoffbelastung hervor.

Diese negativen Einflüsse stellen vor allem bei älteren Menschen aber auch bei Kindern ein Problem dar und können ohne geeignete präventive Massnahmen zu Krankheiten und Todesfällen führen. In Anbetracht des zu erwartenden Anstiegs des Durchschnittsalters unserer Bevölkerung (Überalterung) könnte die

durch den Klimawandel verursachte Morbidität und Mortalität zunehmen. Daher könnten spezifische präventive Interventionen und die Betreuung von Betagten einen zunehmend wichtigen Stellenwert einnehmen.

Die meisten klimawandelbedingten Gesundheitsauswirkungen hängen direkt oder indirekt mit der zunehmenden Umgebungstemperatur und der verschlechterten Luftqualität im Sommer (Ozon) zusammen und treten daher vorwiegend in der warmen Jahreszeit auf. Es kann deshalb davon ausgegangen werden, dass es künftig vor allem in den Sommermonaten zu einer vermehrten Belastung der medizinischen Grundversorgung und allenfalls der Spitäler kommen wird.

### Hitzebelastung

Zu den direkten, hitzebedingten Erkrankungen werden Herz-Kreislauf-Probleme, Dehydratation, Hitzeschlag und Hyperthermie gezählt. Besonders gefährdet sind u. a. ältere Personen, Kleinkinder, körperlich und/oder psychisch Kranke, sozial isolierte Menschen und bettlägerige Personen. Weitere Risikofaktoren beinhalten mangelnde Fitness, Übergewicht, Müdigkeit, Schlafmangel, mangelhafte Flüssigkeitszufuhr, Einnahme gewisser Medikamente und Alkoholmissbrauch.

Während der Hitzewelle 2003 wurden in der Schweiz 975 zusätzliche, das langjährige Mittel übersteigende Todesfälle registriert. In Basel starben 654 Personen, was im Vergleich zum langjährigen Durchschnitt 128 zusätzlichen Todesfällen (+24,4%) entspricht. Dem Wärmeinseleffekt (Kombination von hohen Tagestemperaturen und verminderter nächtlicher Abkühlung), der besonders in Stadtgebieten vorkommt, wird ein grosser Anteil an der Hitzebelastung zugeschrieben. Der Harvesting-Effekt (vorzeitiger Tod von bereits schwerkranken Personen) trug wahrscheinlich nur in geringem Masse zur erhöhten Sterblichkeit bei, da sich in den Folgewochen keine tiefere Sterberate in der Bevölkerung zeigte.

Die Anpassung des menschlichen Körpers und seiner Leistungsfähigkeit sowie des individuellen Verhaltens an eine langsam steigende Umgebungstemperatur ist in unseren Breiten bis zu einem gewissen Grad möglich. Dennoch lässt bei Umgebungstemperaturen über 30°C die mentale und körperliche Arbeitsleistung nachweislich nach und Arbeitsunfälle treten vermehrt ein. Vor allem die Anpassungsfähigkeit bei kurzfristigen, extremen Hitzewellen ist deutlich begrenzt.



## Handlungsbedarf und Massnahmeansätze

- › Das Bundesamt für Meteorologie und Klimatologie hat bereits ein Hitzefrühwarnsystem errichtet.
- › Zusätzlich informieren das Bundesamt für Gesundheit und der Kanton (Abteilung Gesundheitsförderung und Prävention) die Bevölkerung bereits heute über empfohlene Massnahmen und Verhaltensweisen bei Hitzewellen mittels jährlichen Medieninformationen.
- › Institutionen, welche ältere Menschen beherbergen (Alters- und Pflegeheime, Spitäler) sind bemüht, ein für die Gesundheit der Bewohnerinnen und Bewohner zuträgliches Raumklima zu schaffen.
- › Wärmeineffekte können teilweise auch durch bauliche und stadtplanerische Massnahmen verringert werden (vgl. Kapitel Luftqualität und Stadtklima).

### Luftschadstoffbelastung

Die Zunahme der Umgebungstemperatur hat einen Anstieg der Ozonkonzentration zur Folge (vgl. Kapitel Luftqualität und Stadtklima). Hohe Ozonwerte führen, insbesondere bei bereits Lungenerkrankten, mindestens vorübergehend zu erheblichen Einschränkungen der Lungenfunktion und können die vorzeitige Sterblichkeit erhöhen. Während der Hitzewelle 2003 wurden an sämtlichen Messstationen erhöhte Ozonwerte registriert. Schätzungsweise 130 bis 300 der zusätzlichen schweizweiten (hitzewellebedingten-)Todesfälle im Jahr 2003 (13 bis 30% der insgesamt 975 zusätzlichen, das langjährige Mittel übersteigenden Todesfälle) wurden der erhöhten Ozonbelastung zugeschrieben. Zudem spielen Primärschadstoffe, wie Stickstoffdioxid, sowie flüchtige organische Verbindungen eine wichtige Rolle, da sie zur Ozonbildung beitragen und sich langfristig negativ auf vorgeschädigte Atemwege auswirken.

Ein weiterer gesundheitsschädlicher Luftschadstoff ist Feinstaub. Bei milderem Wintern wird mit einer geringeren Feinstaubbelastung gerechnet, was sich auf die Gesundheit positiv auswirkt (vgl. Kapitel Luftqualität und Stadtklima).

## Handlungsbedarf und Massnahmeansätze

- › Die Bundesämter für Umwelt und für Meteorologie und Klimatologie haben bereits ein Warnsystem für hohe Luftschadstoffwerte umgesetzt.
- › Zusätzlich wird die Bevölkerung über empfohlene Verhaltensweisen bei hohen Schadstoffbelastungen durch das Bundesamt für Gesundheit bereits heute informiert.

### Aeroallergene

Die Pollensaison wird aufgrund der Klimaerwärmung früher beginnen und länger dauern. Die Dauer der Belastung für Allergiker dürfte somit ebenfalls länger werden. Ob der Temperaturanstieg zu höheren Pollenkonzentrationen führt und ob letztere wiederum stärkere allergene Wirkungen zur Folge haben, ist nicht geklärt. Ebenfalls ist unklar, ob es dadurch zur vermehrten Entstehung von allergischen Erkrankungen kommen wird.

Veränderte klimatische Bedingungen können zur Ausbreitung von hochallergenen Pflanzen, wie Ambrosia und anderen mediterranen Arten, führen und eine Zunahme von allergischen Beschwerden bewirken (vgl. Kapitel Biodiversität).

## Handlungsbedarf und Massnahmeansätze

- › Das Bundesamt für Meteorologie und Klimatologie informiert die Bevölkerung bereits heute über die aktuelle Pollenbelastung.
- › Zusätzlich wird die Bevölkerung im Auftrag des Bundesamts für Gesundheit über empfohlene Verhaltensweisen auf individueller Ebene informiert: Kontakt mit Pollen vermeiden, Fenster schliessen, frühmorgens und nach dem Regen lüften, Pollenfilter verwenden, Wohnräume häufig putzen, vor dem Schlafen duschen und Haare waschen, Kleider häufig wechseln, Allergenschutz-Gel verwenden etc.).



## Vektorübertragene Infektionskrankheiten

Durch den Klimawandel können sich Vektoren wie Mücken oder Zecken, die potenziell Krankheitserreger übertragen, ausbreiten. Dies wurde u. a. anhand des vermehrten Vorkommens der Asiatischen Tigermücke (*Aedes albopictus*) und der Asiatischen Buschmücke (*Aedes japonicus*) in Italien und in der Schweiz festgestellt. Erst kürzlich wurde eine Asiatische Buschmücke im Allschwiler Wald identifiziert.

Künftig ist daher eine Zunahme von Ansteckungen mit dem Dengue-Virus (Dengue-Fieber) und anderen Arboviren (beispielsweise West-Nile-, Gelbfieber-, Sindbis- und Chikungunya-Viren) sowie Parasiten (beispielsweise Leishmaniose) möglich. Es wird aber als eher unwahrscheinlich angesehen, dass Malaria in unseren Breiten wieder endemisch wird. Wegen der global gesehen weiten Verbreitung von Malaria und der tendenziell noch immer zunehmenden Mobilität im Personenverkehr ist jedoch ein Anstieg der Malaria-Fälle bei heimkehrenden Reisenden denkbar. Gleichzeitig ist allenfalls mit einer Zunahme von «Flughafen-Malaria» (Krankheitsfälle aufgrund einer Übertragung durch von Flugzeugen importierten Mücken) zu rechnen, wobei sich diese Form der Ansteckung wie bis anhin auf Einzelfälle beschränken wird. Im Weiteren können sich Erreger und Vektoren von Tierkrankheiten, die bisher nicht den Menschen befallen haben, derart verändern, dass sie auf den Menschen übertragbar werden.

Die Klimaerwärmung kann einen Einfluss auf die Zeckenverbreitung haben. Die Zeckenökologie ist komplex und hängt von klimatischen und weiteren wichtigen Faktoren (z. B. Bestände der Wirtstiere etc.) ab. Wie sich somit die Verbreitung der Zecken effektiv entwickeln wird und inwiefern dies auch für den Kanton Basel-Stadt mit nur kleinen Grüngebieten zutreffend ist, bleibt schwer abzuschätzen. Zu beachten ist aber, dass verschiedene ausserkantonale Naherholungsgebiete betroffen sein werden und so die Bevölkerung von Basel-Stadt dadurch direkt mitbetroffen ist. Es ist bislang ungewiss, ob eine Erwärmung der Umgebungstemperatur zu einer Zunahme von durch Zecken übertragenen Krankheiten wie Borreliose und Zeckenencephalitis (Frühsommer-Meningoencephalitis) führen wird.

## Handlungsbedarf und Massnahmeansätze

- › Die Beobachtung und Überwachung der Ausbreitung von Tierkrankheiten und Früherkennung von Wirtswechseln wird durch das Bundesamt für Veterinärwesen bereits heute umgesetzt.
- › Aufgrund der Meldeverordnung werden Verbreitung und Übertragung des Zeckenencephalitisvirus bereits heute durch Bund und Kantone monitorisiert.
- › Die Impfung gegen das Zeckenencephalitisvirus wird bereits heute für Endemiegebiete empfohlen. Basel-Stadt zählt nicht zu den Endemiegebieten.
- › Das Bundesamt für Gesundheit informiert die Bevölkerung bereits heute über empfohlene Massnahmen und Verhaltensweisen auf individueller Ebene: Zeckenschutzmassnahmen wie Tragen von langärmeligen Kleidern und geschlossenen Schuhen, Verwendung eines Zeckenschutz-Sprays, gründliches Absuchen des Körpers nach Aufenthalt in Wäldern und Hecken etc.

## Durch Lebensmittel übertragene Infektionskrankheiten («Lebensmittel-Vergiftungen»)

Steigende Umgebungstemperaturen können allgemein zu mehr Durchfallerkrankungen pro Jahr führen, da sich Krankheitserreger schneller vermehren können. Für Salmonellen-Infektionen besteht ein linearer Zusammenhang zwischen der Umgebungstemperatur über einem Schwellenwert von 6°C und der Häufigkeit der gemeldeten Fälle. Auf *Campylobacter*-Infektionen scheint dagegen die Temperatur keinen wesentlichen Einfluss zu haben.

Die Gefahr von durch Lebensmittel übertragenen Infektionskrankheiten spielt vorwiegend in privaten Haushalten mit mangelhaftem Wissen über den sachgerechten Umgang bei hohen Umgebungstemperaturen eine Rolle.

## Handlungsbedarf und Massnahmeansätze

- › Das Bundesamt für Gesundheit und das Kantonale Laboratorium informieren die Bevölkerung bereits heute über den sachgerechten Umgang mit verderblichen Nahrungsmitteln.
- › Das Kantonale Laboratorium überwacht bereits heute die Einhaltung von Hygienevorschriften in der Lebensmittelindustrie und im Gastronomiegewerbe.

### Weitere gesundheitsrelevante Folgen

Die Gefahr von Verletzungen und Todesfällen aufgrund von Extremereignissen wird für den Kanton Basel-Stadt als sehr selten erachtet und ist daher von eher geringer Bedeutung. Aufgrund der geographischen und topographischen Lage des Kantons treten einzelne Naturgefahren, wie beispielsweise Murgänge und Steinerschlag, überhaupt nicht auf. Aber auch das Risiko aufgrund von Überschwemmungen, Erdbeben sowie Stürmen wird als sehr klein eingestuft. In Ausnahmefällen kann trotzdem die körperliche Sicherheit betroffen sein. Sie wird jedoch wesentlich durch das eigene Verhalten während den Extremsituationen mitbeeinflusst.

Kälteperioden werden tendenziell seltener. Dies kann zur Vernachlässigung des Kälteschutzes und der nötigen Vorsicht vor den damit verbundenen Gefahren (beispielsweise bei Eisglätte) führen. Andererseits könnte sich bei höheren Umgebungstemperaturen das Freizeitverhalten der Bevölkerung ändern. Häufigere Aktivitäten in der Natur können beispielsweise zu mehr Zeckenstichen und damit assoziierten Erkrankungen führen und mehr Unfälle verursachen (durch Rheinschwimmen, Bergsport etc.), aber auch zu einem gesünderen Verhalten beitragen und sich somit positiv auf die Gesundheit der Bevölkerung auswirken.

## 2.11.3

### Kosten und Dienststellen

Die Massnahmen im Gesundheitsbereich haben überwiegend auf Bundesebene zu erfolgen und bestehen aus der Information der Bevölkerung zur Belastungssituation sowie in Empfehlungen über angepasste Verhaltensweisen auf individueller Ebene. Massnahmen auf kantonaler Ebene beschränken sich hauptsächlich auf präventive Massnahmen, wobei die Information der Bevölkerung durch den Gesundheitsdienst überwiegt. Die zu erwartenden Kosten für kantonale Massnahmen sind bis jetzt nicht erhoben worden und damit nicht bezifferbar. Sie müssen separat evaluiert werden und können jedoch niemals abschliessend quantifiziert werden. Falls es sich gegenüber heute um neue Aufgaben handelt, sind diese mit entsprechenden Mitteln zu alimentieren.





# Synthese

## Identifikation von Schnittstellen – Synergien und Interessenskonflikte

Die Tabelle auf der gegenüberliegenden Seite gibt eine Übersicht über die bestehenden Schnittstellen zwischen den Handlungsfeldern der Sektoren. Dabei kann zwischen Synergien und Interessenskonflikten unterschieden werden. Die Interessenskonflikte sind mit Nummern in der Tabelle vermerkt und werden im unten stehenden Text erläutert. Eine Einstufung der Interessenskonflikte erfolgt in hoch – mittel – gering.

### Interessenskonflikte

#### 1 *Biodiversität versus Trinkwasser*

Interessenskonflikt: gering

Der Bedarf nach Bewässerung in Grün- und Parkanlagen dürfte auch bei geeigneter Anpflanzung (grosses Bodenvolumen für die Wurzeln) und geeigneter Artenwahl (weniger wasserbedürftige Arten) während sommerlichen Hitze- und Trockenperioden markant ansteigen. Die Bewässerung der Grün- und Parkanlagen im Kanton Basel-Stadt erfolgt mit Trinkwasser, welches gerade während Hitzeperioden begrenzt sein könnte. Die Gewährleistung der Trinkwassernachfrage für Haushalte und Spitäler hat erste Priorität. Bei hohem Trinkwasserbedarf mit Mengen nahe dem täglichen Fördermaximum könnte die Bewässerung der Grünanlagen beeinträchtigt bzw. eingeschränkt sein.

#### 2 *Landwirtschaft versus Gewässerökologie*

Interessenskonflikt: gering

Basierend auf einem angebotsorientierten Wassermanagement ist Wasser in der Landwirtschaft effizient, standortgerecht und koordiniert zu nutzen. Somit ist nach Möglichkeit die Sortenwahl, das Anbausystem und die Bodenbearbeitung entsprechend der Wasserverfügbarkeit zu gestalten. Intensivere Kulturen wie Obst, Gemüse und Blumenfelder werden jedoch künftig auf eine Bewässerung angewiesen sein. Der Kanton Basel-Stadt sollte mit dem Rhein genügend Wasser für die Bewässerung zur Verfügung stellen können. Für die Wasserentnahme sind jedoch entsprechende Regelungen mit Rücksicht auf die Anliegen des Gewässerschutzes zu treffen.



**3 & 4 Gewässerökologie versus Flusswassernutzung sowie Flusswassernutzung versus Grundwasser und Trinkwasser**

Interessenskonflikt: hoch

Der Temperaturanstieg der Fliessgewässer ist für die Gewässerökologie schädlich. Gerade im Sommer besteht ein grosser Kühlbedarf in der Industrie, welche durch die Nutzung von Flusswasser zu Kühlzwecken zusätzlich einen Wärmeeintrag in die Fliessgewässer verursacht. Aus der Sicht des Gewässerschutzes ist somit die abgeleitete Wärmefracht in Fliessgewässer flächendeckend zu reduzieren, um so einer weiteren Temperaturerwärmung entgegenzuwirken.

Allerdings wird auch das Grundwasser von einer Temperaturerhöhung negativ beeinflusst. Die Nutzung des Grundwassers zu Kühlzwecken ist somit ebenfalls nicht uneingeschränkt möglich.

Der Ersatz von Flusswasser durch Brauchwasser ist während Hitzeperioden ebenfalls problematisch. Die Gewährleistung der Trinkwassernachfrage für Haushalte und Spitäler hat erste Priorität.

Der Trinkwasserbedarf als Brauchwasser im Industriesektor kann während Hitze- und Trockenperioden nicht mit Sicherheit gewährleistet werden.

**5 Gewässerökologie versus Rheinschifffahrt**

Interessenskonflikt: mittel

Die Austiefung der Fahrwasserrinne für eine verbesserte Rheinschifffahrt bei Niedrigwasser steht teilweise im Interessenskonflikt mit der Gewässerökologie. Vor allem die Bauarbeiten der Austiefung setzen der Gewässerökologie stark zu, was aber zeitlich beschränkt ist. Durch die Fahrrinnenaustiefung nimmt der Pegelstand an den Seitenrändern des Rheins, das heisst im Uferbereich ab. Dadurch entsteht einerseits ökologisch wertvolle und hochwertige Uferfläche. Andererseits wirkt sich die Klimaänderung aufgrund häufigerer und intensiverer Niedrigwasser stärker negativ auf die seichte Uferböschung aus. Bei Niedrigwasser würden somit aufgrund des veränderten Querschnittsprofils des Flussbettes grössere Uferflächen trocken gelegt als bisher.

**Schnittstellen zwischen den Handlungsfeldern der Sektoren**

	Biodiversität	Wald	Landwirtschaft	Gewässerökologie	Flusswassernutzung	Grundwasser	Trinkwasser	Rheinschifffahrt	Gebäude und Infrastruktur	Stadtentwässerung	Luftqualität und Stadtklima	Gesundheit
Biodiversität							1					
Wald												
Landwirtschaft				2								
Gewässerökologie					3			5				
Flusswassernutzung						4	4					
Grundwasser												
Trinkwasser												
Rheinschifffahrt												
Gebäude												
Stadtentwässerung												
Luftqualität												
Gesundheit												

Synergien Interessenskonflikte



## Kantonsspezifische Massnahmen mit prioritärem Handlungsbedarf

Betrachtet man die Klimafolgen aller Sektoren zusammen, kann festgehalten werden, dass einige Sektoren keine kantonsspezifischen Massnahmen erfordern. Deren Handlungsfelder und erforderlichen Massnahmen unterscheiden sich kaum von den allgemeinen Handlungsfeldern und Massnahmen der Schweiz. In einigen Sektoren werden jedoch kantonsspezifische und situati-

onsbezogene Massnahmen nötig. Nachfolgend sind die Sektoren mit kantonsspezifischen und situationsbezogenen Handlungsfeldern und Massnahmen aufgeführt, deren Handlungsbedarf prioritär ist.

Die Sektoren Biodiversität, Wald, Landwirtschaft, Rheinschifffahrt, Stadtentwässerung, Luftqualität und Stadtklima sowie Gesundheit unterscheiden sich kaum vom allgemeinen Handlungsbedarf der Schweiz und werden nicht weiter ausgeführt. Ebenfalls werden kantonsspezifische und situationsbezogene Handlungsfelder mit geringem Handlungsbedarf in diesem Kapitel nicht weiter erwähnt.

### Kantonsspezifische Massnahmen mit prioritärem Handlungsbedarf

Sektor	Handlungsfeld	Zusammenhänge/Mechanismen/ Prozesse	Massnahme
Fliessgewässer, Gewässerökologie, Flusswassernutzung	<b>Handlungsbedarf hoch</b> Gewässertemperatur	Tendenz zu steigenden Gewässertemperaturen mit negativem Einfluss auf die Gewässerökologie.  Zusätzlicher Temperaturanstieg durch die industrielle und gewerbliche Flusswassernutzung zu Kühlzwecken und damit Verschärfung der Situation vor allem während Hitzeperioden.	Gewässer Revitalisierung.  Verminderter Wärmeeintrag durch technische Massnahmen in der Industrie.  Teilweise Ersatz von Flusswasser durch Grundwasser und durch Brauchwasser (Trinkwasser) unter Berücksichtigung der Nachhaltigkeit und der Interessenskonflikte.
Grundwasser	<b>Handlungsbedarf hoch</b> Grundwassertemperatur Grundwasserneubildung	Tendenz zu steigenden Grundwassertemperaturen mit negativem Einfluss auf die Grundwasserqualität und Grundwasser- verfügbarkeit.  Zusätzlicher Temperaturanstieg durch die Grundwassernutzung zu Kühlzwecken.  Veränderungen in der Grundwasserneubildung durch Veränderung der Niederschläge.	Bedeutung der anthropogenen und der natürlichen Einflussfaktoren erkunden (z.B. durch gezielte Überwachung, Modellierung). Strategie zur Lösung der Interessenskonflikte erarbeiten mit dem Ziel angepasste Bau- und Nutzungsaufgaben zu formulieren.



Sektor	Handlungsfeld	Zusammenhänge/Mechanismen/Prozesse	Massnahme
Trinkwasser	<b>Handlungsbedarf hoch</b> Trinkwasserfördermenge	Die Rohwasserentnahme für die Rheinwasserversickerung in den Langen Erlen liegt unterhalb der Chemiekläranlagen. Verminderte Wasserführung des Rheins während Trockenperioden bewirkt eine Zunahme der Alarmwerte (erhöhte Schadstoffkonzentrationen) und damit einen Unterbuch der Rheinwasserversickerung in den Langen Erlen.	Evt. Verlegung der Rohwasserentnahme der Langen Erlen oberhalb der Chemiekläranlagen.
	<b>Handlungsbedarf mittel</b> Hochwasser	Ein Hochwasser der Wiese birgt die Gefahr einer Verunreinigung der Gewässerschutzzone der Langen Erlen und damit auch der Trinkwasserversorgung.	Mit entsprechenden gewässerbaulichen Massnahmen kann das Eindringen des Wiesewassers in die Grundwasserschutzzone teilweise verhindert werden.
Gebäude und Infrastruktur	<b>Handlungsbedarf hoch</b> Hagelrisiko	Es sind keine Prognosen betreffend Änderung des Hagelrisikos aufgrund des Klimawandels möglich. Auf dem kleinflächigen Raum im Kanton besteht jedoch eine hohe Wertekonzentration und damit ein hohes Schadenpotenzial.	Der effektivste Schutz vor Hagelschäden wird durch die Verwendung von hagelgeeigneten Baumaterialien erreicht. Das VKF-Hagelschutzregister soll im Kanton Basel-Stadt rechtsverbindlich erklärt werden.
	Hochwasser Birsig	Die Durchflussmenge der Birsigüberdeckung wurde durch den Einbau der Fernwärmehauptleitung und durch die Korrektur des Einlaufbauwerks im Bereich Munimattbrücke verringert. Dadurch besteht ein grosses Überschwemmungspotenzial für den Birsig.	Als wichtigste Massnahme muss die Fernwärmehauptleitung aus dem Birsigstollen in die angrenzenden Strassen verlegt und das Einlaufbauwerk wieder auf die frühere Abflussgrösse zurückgebaut werden. Ebenfalls muss sichergestellt werden, dass bei Hochwasser ein Bagger das Schwemmholz beim Eingang zur Birsigüberdeckung laufend entfernt.  Sämtliche Öltanks im Überschwemmungsperimeter müssen gespriesst werden.
	<b>Handlungsbedarf mittel</b> Hochwasser Birs	Ein Extremhochwasser der Birs kann die unterirdisch verlegten Leitungen (Gas-Hochdruckleitungen und Starkstromleitung) infolge Ausspülungen des Birs-Vorlands (Erodierung) freilegen und beschädigen.	Mittel- und langfristig ist anzustreben, die bestehenden Werkleitungen aus dem Birs-Vorland zu entfernen.
	Hochwasser Wiese  Sturm	Die Wiese überflutet bei Hochwasser das Gebiet der BaZ-Druckerei.  Sturmereignisse werden sich möglicherweise im Winter intensivieren, nicht aber deren Häufigkeit. Die Folgen der Klimaveränderung wirken sich somit auf das Ausmass der zukünftigen Schadenhöhe aus.	Mit einer Mauererhöhung beim Wiesekreisell kann das Überschwemmungspotenzial behoben werden.  Längerfristig muss mit höheren Rückversicherungskosten gerechnet werden, was u.U. zu höheren Versicherungsprämien führen könnte.



## Kostenübersicht

Die Tabelle gibt eine Übersicht über die geschätzten Kosten für Massnahmen aufgrund des Klimawandels je Sektor.

Sektor	Handlungsfeld	Massnahme	Kosten CHF
<b>Biodiversität</b>	Grün- und Parkanlagen	Bewässerung von Grün- und Parkanlagen	Mehrkosten
	Extremereignisse	Häufung von Extremereignissen, u. a. Aufräumarbeiten Sturm	Mehrkosten
	Neobiota & Problemarten	Kantonaler Neobiota-Massnahmeplan 2011–2015	500 000.– auf fünf Jahre
Regulation von Problemarten		Mehrkosten	
<b>Wald</b>	Erhöhung der Artenvielfalt und Förderung der Vitalität und Stabilität des Waldes	Erhöhung der Pflegebeiträge an die Waldeigentümer um 25%	Erhöhung des jährlichen Pflegebeitrages von 75 000.– auf ~ 94 000.–
<b>Landwirtschaft</b>	Bodenfruchtbarkeit	Ressourcen Projekt «Bodenfruchtbarkeit» seit 2008 lanciert und auf 6 Jahre begrenzt: Entschädigung an Landwirte für Mehraufwand oder Minderertrag	20 000.– durch Bund und Gemeinden
<b>Gewässerökologie und Flusswassernutzung</b>	Flusswassernutzung	Abklärung des Kostenaufwands auf Konzeptstufe je Projekt	Von der Industrie und dem Gewerbe zu bewerkstelligen
	Revitalisierung	Unterschiedlich je Raumannspruch: Siedlungs-, Landwirtschaftsgebiet, Gewässergrösse, Verbauungsgrad des Umlands, Landerwerb, Schutzgüter (Grundwasser/ Werkleitungen etc.)	Bsp. Revitalisierung Wiese 1600.– pro Laufmeter. Finanzielle Unterstützung des Bundes aufgrund des revidierten GSchG.
	Temperaturüberwachung		Mehrkosten
	Fischereiliche Bewirtschaftung		Mehrkosten



Sektor	Handlungsfeld	Massnahme	Kosten CHF
Grundwasser	Grundwassertemperatur und Nutzungsregulierung	Konzept für Grundwassertemperaturüberwachung	20 000.–
		Modellierung zur Grundwassertemperaturentwicklung und Nutzungsregulierung	100 000.–
Trinkwasser	Trinkwasserbereitstellung	Allfälliger Rohwasserleitungsbau für Wasserentnahme oberhalb der ARA's	Zweistelliger Mio. Betrag durch die IWB
Rheinschifffahrt	Niederwasser	Austiefung der Fahrwasserrinne	1–3 Mio. unter voraussichtlicher Beteiligung des Bundes
Gebäude und Infrastruktur	Hochwasser Wiese	Mauererhöhung Wiesekreisel	Mehrkosten gehen zu Lasten des Feuerschutzfonds der GVBS
	Hochwasser Birs	Entfernung der bestehenden Werkleitung aus dem Birs-Vorland	Kostenabschätzung erforderlich
	Hochwasser Birsig	– Verlegung der Fernwärmehauptleitung aus Birsigstollen – Erweiterung des Stolleneingangs im Bereich Munimattbrücke	~ 20 Mio.
		Spriessaktion Öltanks	Mehrkosten gehen zu Lasten des Feuerschutzfonds der GVBS
	Sturm	u.U. höhere Versicherungsprämien	Durch die Versicherten zu tragen
	Hagel	Rechtsverbindliches VKF-Hagelschutzregister	Keine Zusatzkosten
Stadtentwässerung	Regenentlastung	Berücksichtigung der Niederschlagszunahme im GEP und allfällige Anpassung des Kanalisationsnetz	Kosten zurzeit noch nicht absehbar
Luftqualität und Stadtklima	Luftqualität	Weiterführen des Luftreinhalteplans und Erhebung der Luftqualität	Im Dauerauftrag des LHA enthalten
	Stadtklima	Aktualisierung der Klimaanalyse Basel KABA	Kosten zurzeit noch nicht absehbar
Gesundheit			Kostenabschätzung hat projektspezifisch zu erfolgen

# Anhang

## Abkürzungen

<b>AUE</b>	Amt für Umwelt und Energie des Kantons Basel-Stadt
<b>AUG</b>	Angewandte und Umweltgeologie, Departement Umweltwissenschaften, Universität Basel
<b>AWEL</b>	Baudirektion Kanton Zürich, Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft
<b>BAFU</b>	Bundesamt für Umwelt
<b>CH2050</b>	OcCC Bericht Klimaänderung und die Schweiz 2050
<b>DOC</b>	Gehalt an gelöstem organischen Kohlenstoff
<b>EAWAG</b>	Eidgenössische Anstalt für Wasserversorgung, Abwasserreinigung und Gewässerschutz
<b>EDI</b>	Eidgenössisches Departement des Innern
<b>EFD</b>	Eidgenössisches Finanzdepartement
<b>EVD</b>	Eidgenössisches Volkswirtschaftsdepartement
<b>GEP</b>	Genereller Entwässerungsplan
<b>GVBS</b>	Gebäudeversicherung des Kantons Basel-Stadt
<b>GWP</b>	Global Warming Potential
<b>IBK</b>	Internationale Bodenseekonferenz
<b>IPCC</b>	International Panel of Climate Change
<b>IKSR</b>	Internationale Kommission zum Schutze des Rheins
<b>IRV</b>	Interkantonalen Rückversicherungsverband
<b>KABA</b>	Klimaanalyse Basel
<b>KOHS</b>	Kommission Hochwasserschutz im Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband
<b>KKO</b>	Kantonale Krisenorganisation
<b>KLIWA</b>	Klimaveränderung und Wasserwirtschaft
<b>OcCC</b>	Beratendes Organ für Fragen der Klimaänderung
<b>OWARNA</b>	Optimierung der Warnung und Alarmierung
<b>ppm</b>	Parts per million
<b>PIK</b>	Potsdam Institute for Climate Impact Research
<b>ProClim</b>	Forum for Climate and Global Change
<b>RÜS</b>	Rheinüberwachungsstation Weil am Rhein
<b>UVEK</b>	Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation
<b>VBS</b>	Eidgenössisches Departement für Verteidigung, Bevölkerungsschutz und Sport
<b>VGL</b>	Vergleich

## Glossar

### **Anpassungsstrategie Schweiz des Bundes**

Der Bundesrat hat am 26. August 2009 das UVEK beauftragt, zusammen mit dem EDI, EFD, EVD und VBS die klimabedingten Risiken der Schweiz zu analysieren und eine Anpassungsstrategie Schweiz zu entwickeln. Die Entwicklung der Anpassungsstrategie wird im Interdepartementalen Ausschuss Klima (IDA Klima) koordiniert. Das BAFU hat dabei die Federführung. Die Strategie wird dem Bundesrat Ende 2011 vorgelegt.

Die Strategie wird Grundlage für das koordinierte Vorgehen bei der Anpassung an die Klimaänderung sein. Sie basiert auf einer sektorübergreifenden, integralen Analyse der klimabedingten Risiken und Chancen, die sich als Folge der Klimaänderung ergeben. Folgende neun prioritäre Sektoren wurden basierend auf der Studie Klimaänderung und die Schweiz 2050 (CH2050) und auf einer Erhebung bei den Bundesämtern zum Handlungs- und Ressourcenbedarf bestimmt: Wasserwirtschaft, Landwirtschaft, Waldwirtschaft, Biodiversitätsmanagement, Gesundheit, Umgang mit Naturgefahren, Energie, Tourismus und Raumnutzung. Für diese Sektoren werden von den Bundesämtern unter Verwendung der Klimaszenarien des Berichts Klimaänderung und die Schweiz 2050 (CH2050-Klimaszenarien) Teilstrategien entwickelt.

### **Brauchwasser**

Brauchwasser ist Trink-, Fluss- oder Grundwasser, das für industrielle Zwecke verwendet wird.

### **Globales Erwärmungspotenzial**

Das globale Erwärmungspotenzial ist eine Masszahl für die relative Wirkung der einzelnen Treibhausgase im Vergleich mit CO<sub>2</sub>.

### **EU-Projekt PRUDENCE**

#### **Prediction of Regional Scenarios and Uncertainties for Defining European Climate Change Risks and Effects**

Datengrundlage für die probabilistische Klimaprojektion bilden Simulationen mit 16 verschiedenen Klimamodellketten, welche im

Rahmen des EU Projektes PRUDENCE durchgeführt wurden. Die Modellketten ergeben sich aus unterschiedlichen Kombinationen von Emissionsszenarien, einem globalen Klimamodell (GCM) und einem regionalen Klimamodell (RCM). <http://prudence.dmi.dk/>

### **EU-Projekt ENSEMBLE**

ENSEMBLE ist das Nachfolgeprojekt von PUDENCE. Die Schweizer Klimaszenarien CH2011 unter der Koordination von Meteo-Schweiz werden aus diesem neuen Datensatz des europäischen Forschungsprojekt ENSEMBLES stammen.

<http://ensembles-eu.metoffice.com/>

### **Grundwasserschutzzone**

Grundwasserschutzzonen dienen dazu, Trinkwassergewinnungsanlagen und das Grundwasser unmittelbar vor Beeinträchtigungen zu schützen. Grundwasserschutzzonen werden gemäss Art. 20 des Gewässerschutzgesetzes (GSchG) u. a. gegliedert in Zone S1 (Fassungsbereich), Zone S2 (Engere Schutzzone) und Zone S3 (Weitere Schutzzone).

### **Neobioten**

Neobioten sind Pflanzen (Neophyten), Tiere (Neozoen) und Pilze (Neomyceten), welche nach dem Jahr 1500 eingewandert sind oder durch den Menschen eingeführt oder eingeschleppt wurden. Als «invasiv» werden diejenigen Arten bezeichnet, welche leicht verwildern und sich stark ausbreiten. Invasive Neobioten beeinträchtigen die Vielfalt der einheimischen Flora und Fauna, verursachen Schäden an Bauwerken oder sind gesundheitsgefährlich (Asthma, Allergien). Meist stammen die problematischen Neophyten und Neozoen aus warmgemäßigten (meridionalen) Klimagebieten.

### **Schleusendrempel**

Der Ausdruck Drempel bezeichnet in einer Schleuse den Mauer vorsprung als Anschlag für das geschlossene bergseitige Schleusentor. Beim Befahren der Schleuse ist die Drempeltiefe zu beachten, da dieses Mass den maximalen Tiefgang der Schiffe

bestimmt. Damit beim Ablassen des Wassers aus der Schleusen-kammer das Schiff nicht auf dem Drempel aufsitzt und beschädigt wird, ist die Lage des Drempels an der Schleusen-kammerwand farblich markiert und bei Talfahrt zu beachten: das Wasserfahrzeug darf sich nicht näher am oberen Schleusentor befinden, als der Markierungsstrich anzeigt. Bei Bergfahrt sieht man den Drempel als Mauer unterhalb des bergseitigen Schleusentores.

### **Spriessen von Öltanks**

Unter «Spriessen von Öltanks» versteht man das Abstützen von mittelgrossen Heizöltanks (u. a. Heizöltanks für den Heizwärmebedarf in Wohnhäusern) mit Balken gegen die Tankraumdecke in Verbindung mit einer Vorkehrung gegen seitliches Ausweichen, um ein Aufschwimmen des Tanks bei einer Überflutung des Kellers zu verhindern. Die Rohrleitungen werden so gesichert, dass ein Abreissen nicht zum Auslaufen des Lagergutes führen kann.

### **Strahlungsantrieb**

Der Strahlungsantrieb ist ein Mass für den Einfluss, den ein Faktor auf die Änderung des Gleichgewichts von einfallender und abgehender Energie im System Erde-Atmosphäre hat, und ist ein Index für die Bedeutung eines Faktors als potentieller Mechanismus einer Klimaänderung. Ein positiver Antrieb führt tendenziell zur Erwärmung der Erdoberfläche während ein negativer Antrieb tendenziell zu einer Abkühlung führt.

### **Troposphäre**

Die Troposphäre ist die unterste Schicht der Erdatmosphäre. Sie reicht vom Erdboden bis zur Tropopause. Ihre Höhe beträgt etwa 8 Kilometer an den Polen und 18 Kilometer am Äquator. In der Troposphäre sind etwa 90% der gesamten Luft sowie beinahe der gesamte Wasserdampf der Erdatmosphäre enthalten. In ihr spielt sich der Grossteil des Wetters ab.

### **2000-Watt-Gesellschaft**

Der Mensch braucht im globalen Durchschnitt rund 17500 kWh Energie pro Jahr. Das ergibt eine kontinuierliche Leistung von rund

2000 Watt für sämtliche Aktivitäten wie Wohnen, Arbeiten, Verkehr etc. Der Hauptanteil dieser Energie stammt aus fossilen Energieträgern. Würden drei Viertel dieser Energie aus erneuerbaren Quellen stammen, könnte der CO<sub>2</sub>-Ausstoss auf eine Tonne pro Kopf gesenkt werden. Das wäre eine klimaverträgliche Grösse.

In Europa und in der Schweiz beträgt der Leistungsbedarf heute rund 6000 Watt pro Person. Andere vorwiegend asiatische und afrikanische Länder benötigen nur gerade einen Bruchteil davon. Die Vision der 2000-Watt-Gesellschaft sieht vor, den Leistungsbedarf in den Industriestaaten stetig auf 2000 Watt zu senken. Damit können andere Ländern ihr Niveau steigern. Gleichzeitig ist ein massiver Ausbau der erneuerbaren Energien nötig.  
<http://www.2000-watt.bs.ch/index.htm>

# Literatur

## Literaturverzeichnis

AWEL Baudirektion Kanton Zürich, Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft & IBK Internationale Bodenseekonferenz, Kommission Umwelt (Plattform Klimaschutz und Umwelt) 2007. Auswirkungen des Klimawandels und mögliche Anpassungsstrategien.

BAFU 2007. Klimaänderung in der Schweiz. Indikatoren zu Ursachen, Wirkungen, Massnahmen.

IPCC 2007. Klimaänderung 2007. Zusammenfassung für politische Entscheidungsträger. Vierter Sachstandsbericht des IPCC (AR4). I. Wissenschaftliche Grundlagen, II. Auswirkungen Anpassung, Verwundbarkeiten, III. Verminderung des Klimawandels

INTERREG III A-Projekt 2006. MoNit «Modellierung der Grundwasserbelastung durch Nitrat im Oberrheingraben» Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg. Teilprojekte Nitratherkunft (Nitrat-Transportmodellierung) und Fluss-Grundwasser-Interaktion (regionale hydrologische Grundlagedaten). Huggenberger P, Epting J, Spottke J, Regli C, Zechner E.

OcCC & ProClim 2007. Klimaänderung und die Schweiz 2050. Erwartete Auswirkungen auf Umwelt, Gesellschaft und Wirtschaft.

OcCC 2008. Das Klima ändert sich – was nun? Der neue UN-Klimabericht (IPCC 2007) und die wichtigsten Ergebnisse aus Sicht der Schweiz.

OcCC 2003. Extremereignisse und Klimaänderung.

PIK (Potsdam Institute for Climate Impact Research) 2005. Report No. 99, KLARA.. Klimawandel, Auswirkungen, Risiken, Anpassungen.

ProClim – Forum for Climate and Global Change, Platform of the Swiss Academy of Sciences 2005. Hitzesommer 2003. Synthesebericht.

KLIWA Klimaveränderung und Wasserwirtschaft 2006. Unser Klima verändert sich, Folgen – Ausmass – Strategien, Auswirkungen auf die Wasserwirtschaft in Süddeutschland. LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz (Karlsruhe) und Bayerisches Landesamt für Umwelt LfU (Augsburg), Deutschland.

KOHS 2007. Auswirkungen der Klimaänderung auf den Hochwasserschutz in der Schweiz. Ein Standortpapier der Kommission Hochwasserschutz im Schweizerischen Wasserwirtschaftsverband (KOHS), Wasser Energie Luft 99.

Schweiz. Ärztezeitung 2005. Mögliche gesundheitliche Auswirkungen des Klimawandels in der Schweiz. Thommen O, Grize L, Huss A, et al.

# Impressum

## Herausgeber

Regierungsrat des Kantons Basel-Stadt

## Redaktion

Amt für Umwelt und Energie, Departement für Wirtschaft, Soziales und Umwelt des Kantons Basel-Stadt

## Mitwirkende Fachstellen

Bau- und Verkehrsdepartement

- › Stadtgärtnerei
- › Tiefbauamt, Ingenieurbau, Wasserbau
- › Tiefbauamt, Stadtentwässerung

Justiz- und Sicherheitsdepartement

- › Kantonspolizei, Logistik, Kantonale Krisenorganisation

Departement für Wirtschaft, Soziales und Umwelt

- › Amt für Umwelt und Energie, Gewässerschutz
- › Amt für Wald beider Basel
- › Lufthygieneamt beider Basel

Gesundheitsdepartement

- › Gesundheitsdienst

Auswärtige Fachstellen

- › Landwirtschaftliches Zentrum Ebenrain
- › IWB
- › Schweizerische Rheinhäfen
- › Gebäudeversicherung des Kantons Basel-Stadt
- › Institut für Meteorologie, Klimatologie und Fernerkundung der Universität Basel
- › Angewandte und Umweltgeologie/Kantonsgeologie der Universität Basel

## Gestaltung

ranz, eine werbeagentur ag

## Piktogramme

Fabio Saccomani

## Fotos

Juri Weiss, Franziska Schwager,  
Michael Zemp, Daniel Silbernagel,  
Volker Prasuhn

## Druck

Werner Druck, Basel

## Copyright

Kanton Basel-Stadt, 2011  
Abdruck unter Angabe der Quelle gestattet

## Bezugsquelle

Staatskanzlei Basel-Stadt  
Rathaus, 4001 Basel, Zimmer 210  
Tel. 061 267 81 81, E-Mail: info@bs.ch

Stadtladen im Kundenzentrum des Einwohneramtes Basel-Stadt  
Spiegelgasse 6, 4001 Basel, Tel. 061 267 70 70

Amt für Umwelt und Energie des Kantons Basel-Stadt  
Hochbergerstrasse 158, 4019 Basel  
Tel. 061 639 22 22, E-Mail: aue@bs.ch

## Internet

Der Bericht ist elektronisch verfügbar unter: [www.bs.ch/aue](http://www.bs.ch/aue)

## Preis

CHF 20.–

