



## **Klimawandel und Wasserwirtschaft**

Maßnahmen und Handlungskonzepte in der  
Wasserwirtschaft zur Anpassung an den Klimawandel



## **Klimawandel und Wasserwirtschaft**

### Maßnahmen und Handlungskonzepte in der Wasserwirtschaft zur Anpassung an den Klimawandel

## **HINWEIS**

Das Projekt ist Teil der Anpassungspolitik des Landes Nordrhein-Westfalen und wurde mit Mitteln des Ministeriums für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen finanziert. Weitere Informationen zum Thema Anpassung an den Klimawandel sowie die Anpassungsstrategie des Landes Nordrhein-Westfalen finden Sie im Internet unter: [www.klimawandel.nrw.de](http://www.klimawandel.nrw.de)

## Sehr geehrte Leserin, sehr geehrter Leser,



Wissenschaftler und Politiker aus aller Welt sind sich einig, dass die globale Klimaerwärmung auf maximal zwei Grad Celsius begrenzt werden muss, um katastrophale Auswirkungen zu vermeiden. Im Mittelpunkt der politischen Neuausrichtung der nordrhein-westfälischen Landesregierung steht daher ein Klimaschutzgesetz, in dem unter anderem verbindlich festgelegt werden soll, dass die Treibhausgasemissionen in Nordrhein-Westfalen bis 2020 um ein Viertel und bis 2050 um 80 bis 95 Prozent reduziert werden müssen. Allerdings werden trotz der weltweiten Anstrengungen um den Klimaschutz die Temperaturen in den kommenden Jahrzehnten zunächst weiter steigen, denn das Klimasystem reagiert auf eine Verringerung von Treibhausgasemissionen nur langsam. Die Auswirkungen werden auch in Nordrhein-Westfalen zu spüren sein, wenn auch nicht so drastisch wie in anderen Teilen der Welt.

Was sind die Folgen des Klimawandels in Nordrhein-Westfalen? Welche Maßnahmen zur Anpassung sollten getroffen werden? Diesen Fragen geht das Umweltministerium Nordrhein-Westfalen in rund 40 Studien nach – unter anderem für die Wasserwirtschaft, die durch die Veränderung der meteorologischen Größen Lufttemperatur, Niederschlag und Luftfeuchte besonders betroffen ist.

Mit der vorliegenden Broschüre möchten wir die Ergebnisse der bereits abgeschlossenen Untersuchungen zu den Folgen des Klimawandels in der Wasserwirtschaft vorstellen. Unser Ziel ist es, für mögliche Problemgebiete zu sensibilisieren und den verantwortlichen Akteuren der nordrhein-westfälischen Wasserwirtschaft Anregungen für vorausschauende Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel an die Hand zu geben. Themen sind unter anderem: die Wasserversorgung in Hitzesommern und die Gewährleistung des Hochwasserschutzes bei Starkniederschlägen.

Ich wünsche Ihnen eine aufschlussreiche Lektüre.

Johannes Remmel, MdL

Minister für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft,

Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen

# Inhalt

<b>Einführung</b>	6
<b>Mögliche Auswirkungen des Klimawandels auf die Wasserwirtschaft</b>	11
Gewässerbewirtschaftung	14
Talsperrenbewirtschaftung	16
Wasserversorgung	17
Siedlungsentwässerung	18
Hochwasserschutz	18
Vernetzung mit anderen Handlungsbereichen	19
<b>Anpassung der Wasserwirtschaft an den Klimawandel – eine Strategie für Nordrhein-Westfalen</b>	22
Der Weg zu einer integrierten Anpassung der Wasserwirtschaft	23
Die Projekte im Klimainnovationsfonds NRW	25
Anpassungsmöglichkeiten für die wasserwirtschaftlichen Handlungsbereiche	28
Gewässerbewirtschaftung	28
Talsperrenbewirtschaftung	29
Wasserversorgung	30
Siedlungsentwässerung	31
Hochwasserschutz	33
Übergreifende Auswirkungen und Zusammenhänge	34
<b>Vernetzung der Projekte im nationalen und internationalen Forschungskontext</b>	37
<b>Fazit und Ausblick</b>	40
Anhang	41
Impressum	43

## Einführung

Versinkende Inseln im Pazifik, Dürreperioden in Afrika – die globale Erwärmung hat weltweit dramatische Auswirkungen auf den Wasserhaushalt. Doch auch Nordrhein-Westfalen muss sich gegen die Folgen des Klimawandels wappnen.

### Die globalen Folgen des Klimawandels für den Wasserhaushalt

Das weltweite Klima verändert sich deutlich. Laut dem im Frühjahr 2007 veröffentlichten vierten Sachstandsbericht für Klimaänderungen des Weltklimarates IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) ist die globale Durchschnittstemperatur in den vergangenen 100 Jahren um 0,74 Grad Celsius gestiegen. Hauptursachen für die Erwärmung sind der Ausstoß von Treibhausgasen bei der Energieerzeugung und Verkehr, Brandrodungen von Waldflächen sowie Ackerbau und Viehzucht. Nur durch eine drastische Reduktion des Ausstoßes von klimarelevanten Gasen – wie er nun auch von der nordrhein-westfälischen Landesregierung angestrebt wird (80 bis 95 Prozent Reduktion bis 2050) – können der Klimawandel und seine Folgen noch in einem erträglichen Rahmen gehalten werden. Experten empfehlen dringend, die globale Erwärmung auf maximal zwei Grad gegenüber dem vorindustriellen Niveau zu begrenzen.

**Treibhausgasemissionen müssen deutlich reduziert werden, um drastische Folgen des Klimawandels zu verhindern**

Doch selbst wenn es gelingt, dieses ehrgeizige Ziel zu erreichen, wird ein Anstieg der Temperaturen von zwei Grad drastische Folgen haben – auch und vor allem auf den globalen Wasserhaushalt. Unter anderem rechnet der IPCC mit einem deutlichen Anstieg des Meeresspiegels, dem viele dicht besiedelte Küstenregionen und Inseln zum Opfer fallen könnten. Besonders betroffen sind etwa das nur knapp über dem Meeresspiegel liegende Nildelta in Ägypten und ein Fünftel der im Gangesdelta gelegenen Landesfläche Bangladeschs. Allein in Bangladesch ist der Le-

**Feuchte Zeiten: Seit Anfang des 20. Jahrhunderts stiegen die Niederschläge in Nordrhein-Westfalen um zirka 13 Prozent.**



bensraum von rund 35 Millionen Menschen bedroht. In anderen Teilen der Welt wird dagegen die Wasserknappheit zu einem immer größeren Problem. Der Weltklimarat geht davon aus, dass etwa in Afrika bis zum Jahr 2020 75 bis 250 Millionen Menschen nicht mehr ausreichend Wasser zur Verfügung haben werden. Viele Menschen werden deshalb in nicht allzu ferner Zukunft vor den Folgen des Klimawandels fliehen müssen.

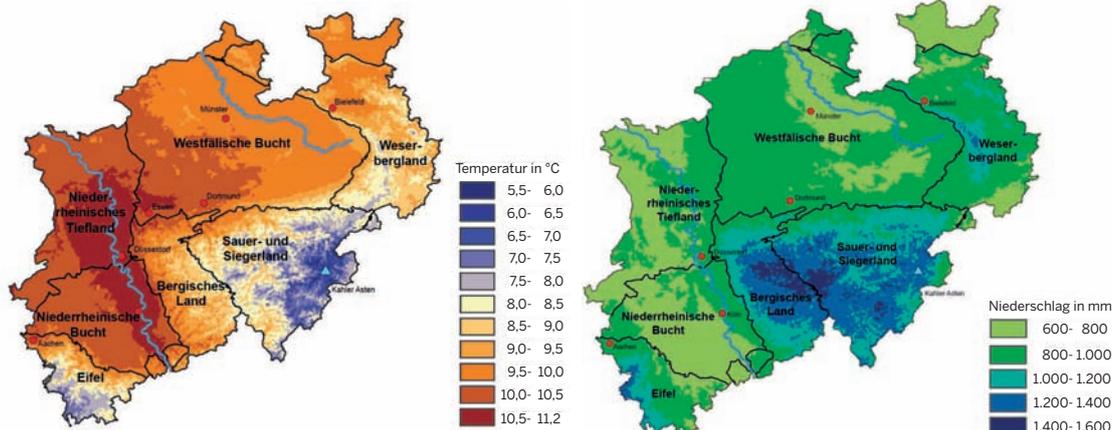
### Die Folgen des Klimawandels für den Wasserhaushalt in Nordrhein-Westfalen

Derartig drastische Konsequenzen sind in Nordrhein-Westfalen nicht zu erwarten. Dennoch wird sich der Klimawandel auch in unserem Bundesland spürbar auf den natürlichen Wasserhaushalt auswirken und damit auch alle relevanten Handlungsbereiche der Wasserwirtschaft beeinflussen. Zu erwarten sind etwa häufiger auftretende Starkniederschläge, die zu Überlastungen des Kanalsystems führen können; länger werdende Hitzeperioden können in Einzelfällen die Wasserversorgung im Sommer beeinträchtigen.

### Anpassungsstrategien für die Wasserwirtschaft in Nordrhein-Westfalen

Aufgrund dieser und weiterer Anfälligkeiten der Wasserwirtschaft für den Klimawandel gilt es, die Veränderungen der klimatischen Rahmenbedingungen und die daraus resultierenden Entwicklungen frühzeitig zu erkennen – denn nur so können Maßnahmen und Strategien entwickelt sowie Strukturen aufgebaut werden, die effiziente Anpassungsmaßnahmen ermöglichen. Die Landesregierung Nordrhein-Westfalen fördert deshalb neben Maßnahmen für den Klimaschutz auch ganz gezielt Projekte, in denen die Auswirkungen des Klimawandels untersucht und mögliche Anpassungsmaßnahmen entwickelt werden. Erste Maßnahmen für insgesamt acht verschiedene Lebens-, Umwelt- und Wirtschaftsbereiche – darunter die Wasserwirtschaft – zeigte bereits die Broschüre „Anpassung an den Klimawandel – Eine Strategie für Nordrhein-Westfalen“ (2009) auf. Eine genauere Analyse der Folgen des Klimawandels für die Wasserwirtschaft gibt das Minis-

**Abbildung 1:**  
**Jahresmittel-**  
**temperatur (links)**  
**und mittlerer**  
**Jahresniederschlag**  
**(rechts) für Nord-**  
**rhein-Westfalen im**  
**Zeitraum 1979-2008.**  
 (Quelle:  
 LANUV, 2010)



terium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (MKULNV) nun mit der vorliegenden Broschüre. Hier werden abgeschlossene und laufende Forschungsvorhaben sowie die bereits erzielten Erkenntnisse zu den Auswirkungen des Klimawandels auf die Wasserwirtschaft sowie mögliche Anpassungsmaßnahmen vorgestellt.

#### **Hintergrund: Klima und Klimawandel in Nordrhein-Westfalen heute**

Im bevölkerungsreichsten Bundesland Nordrhein-Westfalen herrscht heute ein warm-gemäßigtes Regenklima mit relativ milden Wintern und durchwachsenen Sommern. Die tatsächlichen klimatischen Verhältnisse gibt diese grobe Klassifikation allerdings nur bedingt wieder. Denn durch eine sehr ungleiche Geländestruktur mit verschiedenen Höhenlagen kommt es innerhalb Nordrhein-Westfalens teilweise zu erheblichen Unterschieden bei der Niederschlagsmenge und Temperaturen:

- So liegen etwa die Jahresmitteltemperaturen in den Niederungen der Niederrheinischen Bucht, des Niederrheinischen Tieflandes und der Westfälischen Bucht sowie weiteren Bereichen unter 150 Meter über NN (Normalnull) oberhalb von neun Grad Celsius, in der Kölner Bucht sogar über zehn Grad.
- Anthropogene Effekte wie Bodenversiegelungen tragen in den Ballungsräumen an Rhein und Ruhr zudem zur Bildung von Wärmeinseln in den Innenstädten bei. Der maximale Temperaturunterschied zwischen Innenstädten und dem Umland kann in Großstädten bis zu zehn Grad betragen.

- In den Mittelgebirgsregionen Eifel, Weser-

bergland, Sauer- und Siegerland) wird dagegen teilweise eine Jahresmitteltemperatur von nur fünf Grad Celsius (Rothaargebirge) erreicht, da die Temperatur im Mittel um etwa 0,7 Grad pro 100 Meter Höhe abnimmt.

- Niederschlag fällt in den Niederungen zu größeren Teilen im Sommer, oft verbunden mit kräftigen Schauern und Gewittern. Mit etwas mehr als zehn Tagen im Jahr am Niederrhein und mehr als 20 Tagen in der Westfälischen Bucht sind Schneedecken selten.
- Durch Staueffekte an den Hängen überwiegen Niederschläge in den Mittelgebirgen im Winterhalbjahr. Geschlossene Schneedecken treten in den höheren Lagen häufiger auf (im Rothaargebirge durchschnittlich über 100 Tage pro Jahr).

Vergleicht man die heutigen klimatischen Daten für Nordrhein-Westfalen mit den jährlichen Gebietsmitteln vom Anfang des 20. Jahrhunderts, lassen sich bereits erste Trends des Klimawandels feststellen (LANUV 2010):

- So hat etwa die Lufttemperatur seit Anfang des 20. Jahrhunderts um 1,1 Grad Celsius im Gebietsmittel zugenommen (1901-2008).
- Das errechnete Gebietsmittel des Jahresniederschlags für Nordrhein-Westfalen stieg von 810 auf rund 920 Millimeter – eine Zunahme von rund 13 Prozent gegenüber dem langjährigen Mittelwert. Die Niederschlagszunahme hat mit 19 Prozent vor allem im Winter und Frühling stattgefunden, im Sommer und Herbst sind bisher kaum Änderungen zu verzeichnen.

- Seit den 1960er Jahren wurden zudem mehrfach Gebietsmittel von mehr als 1.000 Milli-

**Seit Anfang des 20. Jahrhunderts haben die mittlere Temperatur und die Niederschlagssummen deutlich zugenommen**

meter Niederschlag jährlich gemessen, während niederschlagsärmere Jahre seltener geworden sind.

### **Künftiger Klimawandel in Nordrhein-Westfalen**

Aussagen über mögliche Entwicklungen des Klimas in den nächsten Jahrzehnten und Jahrhunderten werden durch Modellrechnungen, so genannte Klimaprojektionen ermöglicht.

Aufbauend auf globalen Klimamodellen werden diese Berechnungen für Deutschland durch regionale Klimamodelle räumlich verfeinert.

Genutzt werden die Ergebnisse dynamischer Klimaregionalmodelle (REMO, COSMO-CLM, kurz: CCLM bzw. CLM) sowie statistischer Verfahren wie WettReg und STAR2 (zu Klimamodellen siehe auch Infokasten unten).

Grundlage für alle Klimaprojektionen sind Annahmen über den Ausstoß von Treibhausgasen bis zum Jahr 2100, die der Zwischenstaatliche Ausschuss für Klimaänderungen (IPCC) getroffen hat. Eines der am häufigsten verwendeten Emissionsszenarien ist „A1B“ (zum Emissionsszenario „A1B“ siehe Infokasten auf Seite 9).

Die regionalen Klimaprojektionen für Nordrhein-Westfalen zeichnen für den Zeitraum 2021-2050 im Vergleich zum Referenzzeitraum 1961-1990 eine Fortsetzung des bisherigen Temperaturtrends. Wie Abbildung 2 zeigt, wird etwa vom Regionalmodell CLM für das Emissionsszenario „A1B“ eine Temperaturzunahme zwischen 0,9 und 1,3 Grad simuliert. Diese Erwärmung wirkt sich auch auf die Niederschläge aus: Wie Abbildung 3 zeigt, wird vom

Regionalmodell CLM für das Emissionsszenario „A1B“ insgesamt eine leichte Niederschlagszunahme berechnet. Diese fällt in den Wintermonaten etwas deutlicher aus, während in den Sommermonaten eher rückläufige Niederschlagssummen erwartet werden. Zudem ist von einer räumlich ungleichen Niederschlagsentwicklung auszugehen: Während in den Mittelgebirgen die Niederschläge zunehmen, werden sie in der Niederrheinischen Bucht eher weniger. Starkniederschläge werden in allen Jahreszeiten voraussichtlich häufiger auftreten.

Im weltweiten Vergleich findet der Klimawandel in Nordrhein-Westfalen eher moderat statt. Dennoch stellt er uns vor neue Herausforderungen, die es zu bewältigen gilt. So haben die Extremwetterereignisse der letzten Jahre – wie die Hitzesommer 2003 und 2006 oder die Überschwemmungen durch Starkregen unter anderem in Delbrück 2007 und Dortmund 2008 – gezeigt, dass für Nordrhein-Westfalen Handlungsbedarf besteht, der sich auch und ganz besonders auf die Wasserwirtschaft erstreckt. Denn durch die Veränderungen von Temperatur, Niederschlagsmengen, Niederschlagsintensität und -verteilung und die damit einhergehende Beeinflussung des Wasserhaushalts sind sämtliche Handlungsbereiche der Wasserwirtschaft unmittelbar betroffen.

Die Bewirtschaftung der Ressource „Wasser“ als Aufgabe der Daseinsvorsorge ist mit ihren vielfältigen Facetten Aufgabe der Wasserwirtschaft. Sie sorgt nicht nur dafür, dass dieses wertvolle Gut allen Bürgern in ausreichender Menge und Qualität zur Verfügung steht, son-

---

## **INFOKASTEN REGIONALE KLIMAMODELLE:**

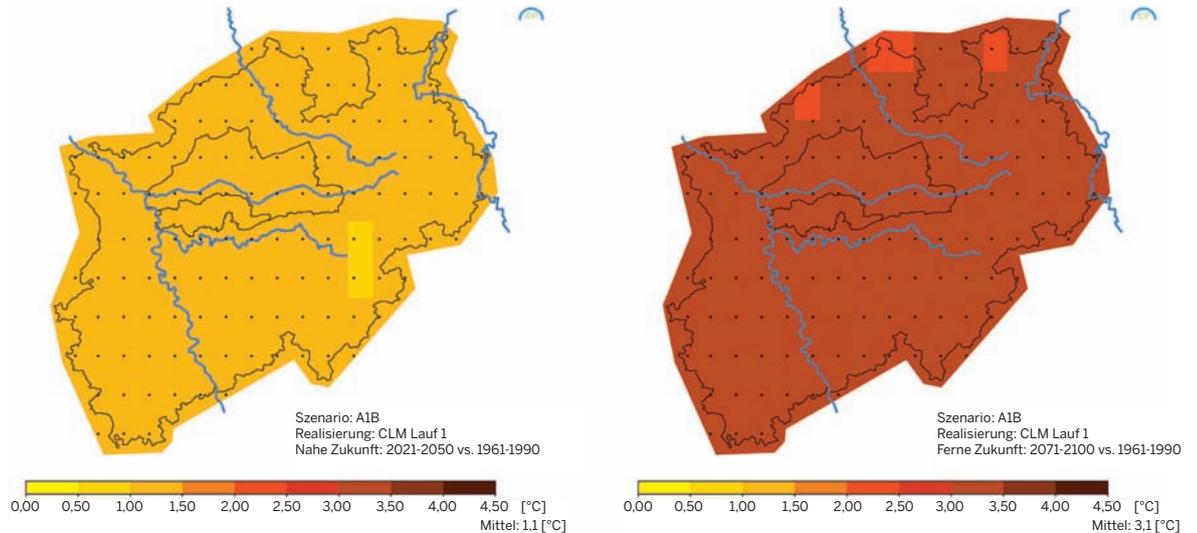
In Deutschland stehen derzeit vier verschiedene regionale Klimamodelle zur Verfügung, die sich in zwei Kategorien einteilen lassen:

- Die dynamischen Modelle (REMO, CCLM bzw. CLM) verwenden zur Berechnung regionaler Klimaprojektionen physikalische Methoden. Sie funktionieren im Prinzip wie globale Zirkulationsmodelle – ergänzt um Detailinformationen aus der jeweiligen Region. Über die Anbindung an Globalmodelle gewährleisten sie eine konsequente Verfeinerung der weltweiten Klimaprojektionen auf einen regionalen Maßstab.

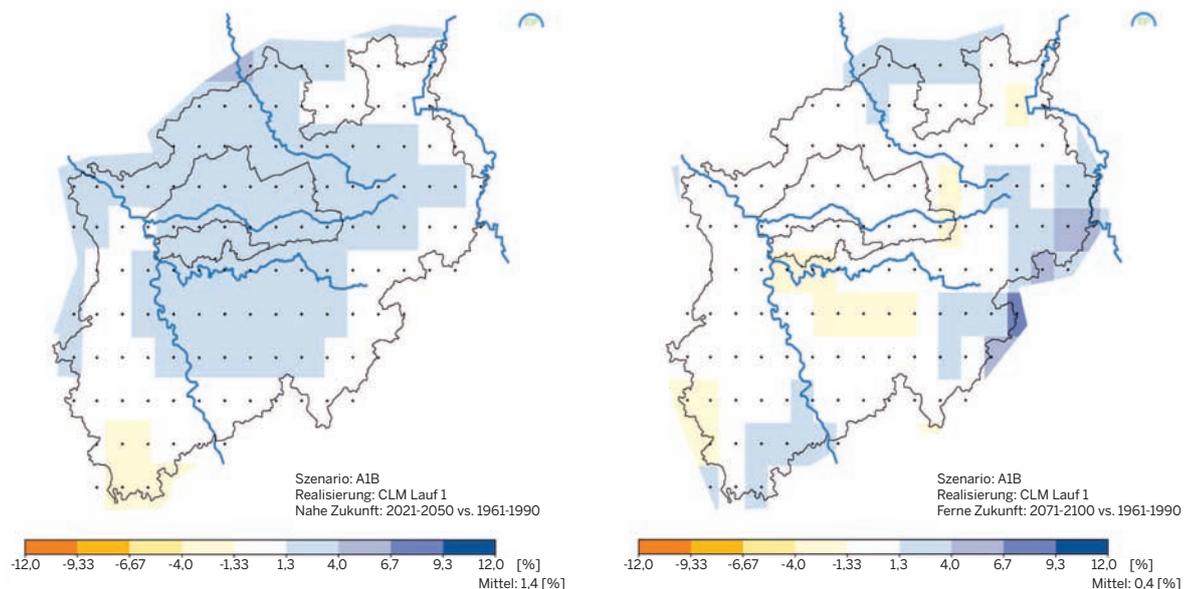
- Statistische Verfahren (WettReg, STAR2) schließen aus der Kenntnis des gegenwärtigen Regionalklimas und den Annahmen über globale Klimaentwicklungen auf zukünftige klimatische Bedingungen. Sie übertragen also die Daten von Messreihen zurückliegender Ereignisse in die Zukunft.

Den Untersuchungen des Landes Nordrhein-Westfalen liegen Klimaprojektionen zugrunde, die überwiegend mit dem Modell CLM erstellt und an geeigneter Stelle durch statistische Modelle ergänzt wurden, um mögliche Klimaschwankungen zu berücksichtigen.

**Abbildung 2:**  
Änderungen der  
mittleren Jahres-  
temperatur in  
Nordrhein-Westfalen  
für den Zeitraum  
2021-2050 (links)  
bzw. für den Zeit-  
raum 2071-2100  
(rechts), bezogen  
auf den Referenz-  
zeitraum 1961-1990  
nach Regional-  
modell CLM, Emis-  
sionsszenario „A1B“.  
(Quelle: IDP)



**Abbildung 3:**  
Prozentuale  
Änderungen der  
Jahressumme des  
Niederschlags in  
Nordrhein-Westfalen  
für den Zeitraum  
2021-2050 (links)  
bzw. für den Zeit-  
raum 2071-2100  
(rechts), bezogen  
auf den Referenz-  
zeitraum 1961-1990  
nach Regionalmo-  
dell CLM, Emis-  
sionsszenario „A1B“.  
(Quelle: IDP)



## INFOKASTEN A1B-SZENARIO (IPCC 2007):

Als Grundlage für Klimaprojektionen dienen Emissionsszenarien, aus denen sich Aussagen über den möglichen Ausstoß von CO<sub>2</sub> bis zum Jahr 2100 ergeben. In Deutschland ist „A1B“ das in den vergangenen Jahren am häufigsten verwendete Szenario, da es eine wahrscheinliche Entwicklung der Treibhausgasemissionen und -konzentrationen gut repräsentiert. Es geht von einer eher homogenen (vernetzten) Welt mit schnellem Wirtschaftswachstum und rascher Einführung neuer und effizienter Technologien aus. Fossile und regenerative Energiequellen werden ausgewogen genutzt. Die Weltbevölkerung erreicht Mitte des Jahr-

hunderts ihren Höchststand und entwickelt sich danach rückläufig. Die Konzentration der CO<sub>2</sub>-Äquivalente erreicht zur Mitte des Jahrhunderts ihr Maximum, sinkt dann kontinuierlich, liegt aber über dem Ausstoß von 2000.

Jüngste Untersuchungen zeigen aber auch auf, dass das Szenario „A1B“ zu optimistisch sein könnte, weil die Treibhausgasemissionen insbesondere im asiatischen Raum wesentlich stärker angestiegen sind, als ursprünglich in „A1B“ angenommen.

dem reguliert auch die Verfügbarkeit für industrielle und energetische Nutzungen. Sie erfüllt wichtige Aufgaben bei der ökologischen Stabilisierung von Gewässern und angebundenen Biotopen und sorgt für eine umweltgerechte Ableitung und Reinigung der anfallenden Abwässer. Nicht zuletzt hat sie auch die Aufgabe, Mensch und Umwelt vor Schäden zu schützen, die durch Wasser verursacht werden können.

Somit ergibt sich eine enge Verzahnung der Wasserwirtschaft mit anderen Sektoren wie der Land- und Forstwirtschaft oder der Stadtplanung. Es liegt also im besonderen Interesse der Landesregierung, die Wasserwirtschaft zu unterstützen, sich vorausschauend an die Auswirkungen des Klimawandels anzupassen, damit sie auch künftig ihre Aufgaben erfüllen kann.

**Weiteres Vorgehen und Aufbau der Broschüre**

In der vorliegenden Broschüre werden erstmals die Ergebnisse verschiedener Projekte zur Erforschung der Auswirkungen des Klimawandels auf die Wasserwirtschaft gesammelt vorgestellt, die die nordrhein-westfälische Landesregierung mit Mitteln aus dem so genannten Klimainnovationsfonds durchgeführt hat. Der Fonds wurde durch das Land Nordrhein-Westfalen eingerichtet, um die Auswirkungen des Klimawandels auf folgende acht verschiedene Lebens-, Umwelt- und Wirtschaftsbereiche zu untersuchen:

- Landwirtschaft und Boden,
- Wald- und Forstwirtschaft,
- Biologische Vielfalt und Naturschutz,
- **Wasserwirtschaft,**
- Tourismus,
- Gesundheit,
- Städte und Ballungsräume sowie
- Anlagensicherheit.

Die Wasserwirtschaft nimmt unter den untersuchten Sektoren eine besondere Stellung und Querschnittsfunktion ein. Denn alle Lebens-, Umwelt- und Wirtschaftsbereiche sind auf eine in Quantität und Qualität funktionierende Wasserversorgung und Siedlungsentwässerung angewiesen. Darüber hinaus ist die Wasserwirtschaft selbst in besonderer Weise durch den Klimawandel betroffen: Der Wasserkreislauf unterliegt aufgrund natürlicher Faktoren starken Schwankungen, die durch den Klimawandel voraussichtlich noch verstärkt werden.

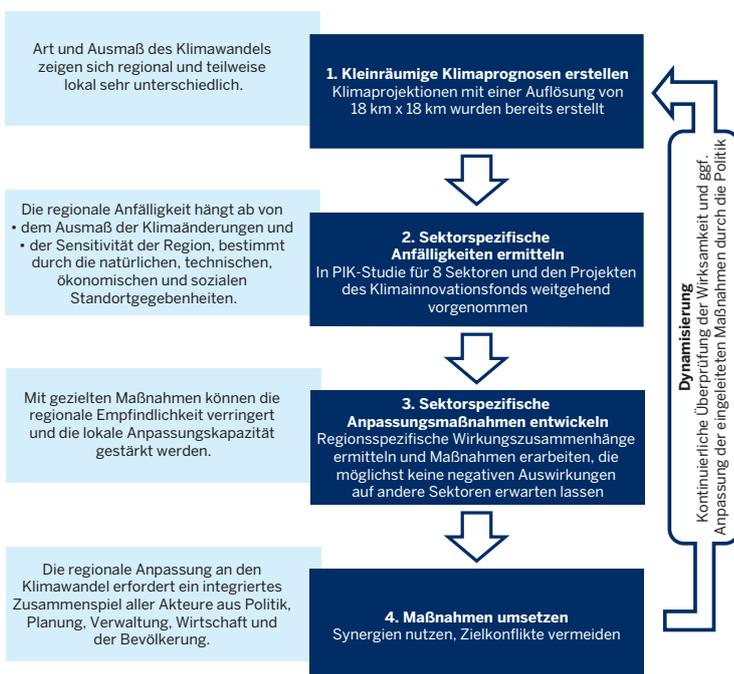
Im nachfolgenden Kapitel soll daher zunächst erläutert werden, welche Auswirkungen der Klimawandel voraussichtlich auf die Wasserwirtschaft und ihre verschiedenen Handlungsbereiche haben wird. Beleuchtet werden dabei die Gewässer- und Talsperrenbewirtschaftung, die Wasserversorgung, die Siedlungsentwässerung und der Hochwasserschutz sowie die Vernetzung mit anderen Handlungsbereichen.

Ziel der Landesregierung Nordrhein-Westfalen ist eine integrierte Klimaanpassungsstrategie für die Wasserwirtschaft. Der Weg dorthin wird im dritten Kapitel dieser Broschüre skizziert sowie mögliche Anpassungsmaßnahmen – nach Handlungsbereichen gruppiert – vorgestellt. Zudem werden dort die wasserwirtschaftlichen Projekte porträtiert, die über den Klimainnovationsfonds gefördert wurden und werden.

Der Klimawandel macht nicht an den Landesgrenzen von Nordrhein-Westfalen halt. Daher stellt das vierte Kapitel Projekte zur Anpassung an den Klimawandel vor, bei denen die Landesregierung mit anderen nationalen und internationalen Akteuren zusammenarbeitet, um Synergien zu nutzen sowie Doppelförderungen und -arbeiten zu vermeiden.

Welche Erkenntnisse sind wichtig – wie geht es weiter? – Diese Fragen werden im abschließenden Fazit und Ausblick beantwortet.

**Abbildung 4:**  
Die vier Schritte zur erfolgreichen Anpassung an den Klimawandel.



# Mögliche Auswirkungen des Klimawandels auf die Wasserwirtschaft

Von der Trinkwasserversorgung bis zum Hochwasserschutz – der Klimawandel beeinflusst sämtliche Handlungsbereiche der Wasserwirtschaft.

Der natürliche Wasserkreislauf umfasst den Transport, die Speicherung und die Zustandsänderungen des Wassers im globalen und regionalen Maßstab. Er wird energetisch von der Sonneneinstrahlung angetrieben und durch die Hauptkomponenten Niederschlag, Abfluss und Verdunstung geprägt. Durch die Atmosphäre transportierte Feuchtigkeit gelangt als Niederschlag zur Erde, verdunstet oder fließt als Oberflächen- und Grundwasser ab. Größenveränderungen der Wasserhaushaltskomponenten (Niederschlag, Abfluss, Verdunstung) können zu geografischen und temporären Verschiebungen in den regionalen Gebietswasserbilanzen führen.

## Die Ziele und Aufgaben der Wasserwirtschaft

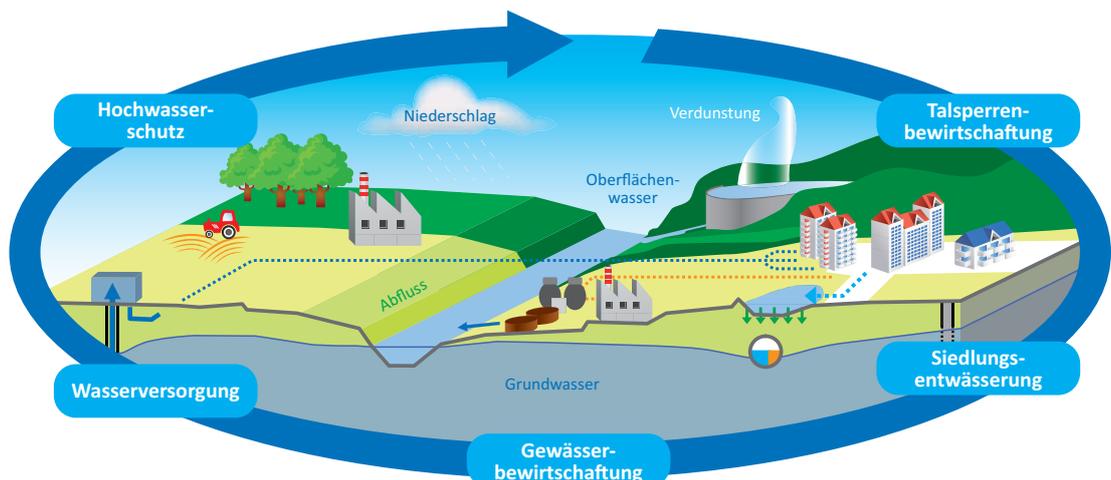
Mit Wasserwirtschaft wird die Bewirtschaftung von Wasserressourcen durch den Menschen bezeichnet, die den zielgerichteten und zugleich schonenden Eingriff in den Wasserkreislauf unter Beachtung von europäischem, Bundes- und Landesrecht beinhaltet. Die Gewässer werden so bewirtschaftet, dass sie der Sicherung der Trink- und Brauchwasserversorgung der Menschen und der Industrie dienen, als Bestandteil des Naturhaushalts erhalten bleiben, ökologisch verbessert und Hochwasserrisiken gemindert werden.

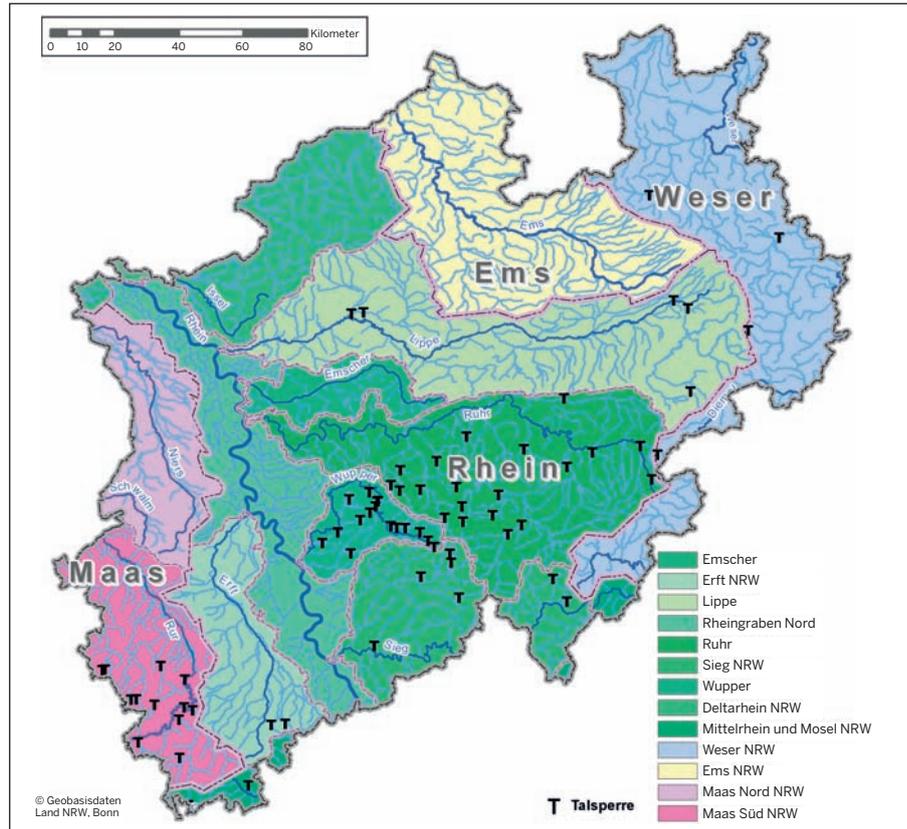
Die mit Blick auf den Wasserkreislauf relevanten Handlungsbereiche der nordrhein-westfälischen Wasserwirtschaft sind:

- die Gewässerbewirtschaftung (Oberflächengewässer und Grundwasser),
- die Talsperrenbewirtschaftung,
- die Wasserversorgung,
- die Siedlungsentwässerung sowie
- der Hochwasserschutz.

Die einzelnen Komponenten des Wasserkreislaufs zeigen eine hohe Sensitivität gegenüber klimatischen Veränderungen. Bereits erfolgte und zu erwartende Veränderungen von Temperatur, Niederschlagsmenge, -intensität und -verteilung beeinflussen den Wasserhaushalt unmittelbar. Eine Vielzahl wechselseitig wirkender Faktoren beeinflusst zudem den vom Menschen geprägten Wasserkreislauf in Deutschland und die daran gekoppelten technischen Teilkreisläufe – etwa die Entnahme von Rohwasser und die Rückführung von geklärtem Abwasser. Daher sind die möglichen Auswirkungen klimawandelbedingter Veränderungen auf die Wasserwirtschaft und ihre Handlungsbereiche nicht einfach zu bestimmen und zu quantifizieren.

Abbildung 5:  
Die wasserwirtschaftlichen Handlungsfelder im Wasserkreislauf.





**Abbildung 6:**  
Teileinzugsgebiete  
und Hauptgewässer  
in NRW.

Im Gegensatz zu anderen Regionen Deutschlands und Europas ist Nordrhein-Westfalen ein wasserreiches Land. Bei mittleren jährlichen Niederschlagsmengen von 911 Millimetern (zum Vergleich: mittlerer Jahresniederschlag in Brandenburg 557 Millimeter) ist Wassermangel bisher nur selten aufgetreten (PIK 2009, MUNLV NRW 2007). Mit dem Rhein durchfließt zudem der größte deutsche Fluss Nordrhein-Westfalen. Zirka 55 Prozent der Landesfläche gehören zu seinem Einzugsgebiet. Die restliche Landesfläche zählt zu den Einzugsgebieten von Weser, Ems, Issel und Maas (Abbildung 6).

**Flüsse, Seen, Stauanlagen und Grundwasser stellen die Wasserversorgung in Nordrhein-Westfalen sicher**

Nordrhein-Westfalen verfügt über Fließgewässer mit einer Gesamtlänge von über 50.000 Kilometern, über mehr als 2.000, mehrheitlich künstlich angelegte, stehende Gewässer (meist durch Rohstoffabbau entstanden oder für Stauanlagen angelegt) sowie umfangreiche Grundwasservorkommen, vor allem in den Bereichen der Niederrheinischen Bucht, dem Niederrheinischen Tiefland und dem Münsterland (MUNLV NRW 2007).

Bezogen auf ein komplettes Wasserwirtschaftsjahr (November bis Oktober) ist für die gesamte Wasserbilanz keine übermäßige Änderung beziehungsweise größere negative Auswirkung für

Nordrhein-Westfalen zu erwarten. In den letzten fünf Jahrzehnten lassen sich jedoch natürliche Schwankungen im Hinblick auf Dauer und Intensität der Niederschläge deutlich erkennen. Flächendeckend für Nordrhein-Westfalen zeigt sich tendenziell ein leichter Anstieg der Jahresniederschlagsmengen, die im Wesentlichen an die Wintermonate gebunden sind (ExUS 2010). In den Sommermonaten fällt dagegen weniger Niederschlag. Extremwertstatistische Untersuchungen von Starkniederschlägen weisen landesweit zwar keine signifikanten Änderungen in den Niederschlagshöhen auf, in den für die Siedlungswasserwirtschaft relevanten kurzen Dauerstufen (Ereignisdauer von fünf bis zirka 60 Minuten) deutet sich aber in den letzten Jahrzehnten eine Zunahme der Starkregenerereignisse an (ExUS 2010, KuK 2009). Dabei sind regional auch Unterschiede in der Entwicklung der Niederschläge der letzten 60 Jahre erkennbar. Dies erfordert ein räumlich differenziertes Vorgehen je nach wasserwirtschaftlichem Handlungsbereich. Bei der Bewirtschaftung von Wasserressourcen müssen Analysen der Empfindlichkeit gegenüber verschiedenen Eingangsgrößen sowie Bewertungen der Verwundbarkeit einbezogen werden. Im Unterschied zur Temperatur können die räumliche Verteilung und die Intensität der Niederschläge mit den derzeiti-

gen regionalen Klimamodellen nicht genau prognostiziert werden. Daraus ergeben sich auch Unsicherheiten bei den hydrologischen Auswirkungen von Klimaveränderungen. Gerade die Kenntnis von Änderungen in der Verteilung, der Intensität und der Dauer der Niederschläge ist aber für die Beurteilung von Risiken für die Wasserwirtschaft und des Anpassungsbedarfs in den wasserwirtschaftlichen Handlungsfeldern von außerordentlicher Relevanz. So sind zum Beispiel kurze, heftige und lokale Niederschlagsereignisse für die Siedlungswasserwirtschaft besonders bedeutsam, da sie zu örtlich begrenzten Überlastungen der Kanalisation und zu Überschwemmungen in Siedlungsbereichen führen können. Wenn sich Klimaefekte im Niederschlagsgeschehen mit zukünftig

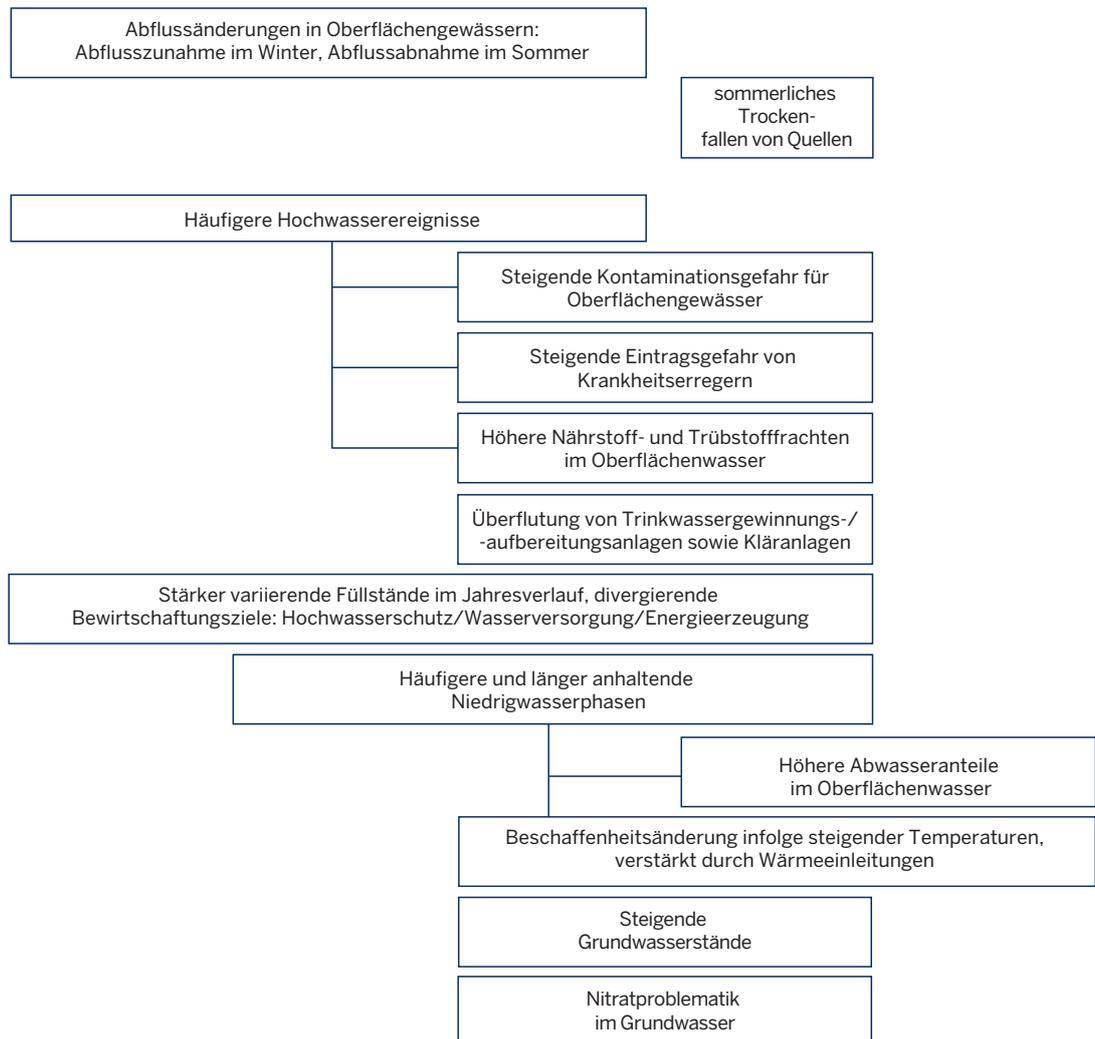
höheren Temperaturen und längeren Trockenperioden in den Sommermonaten überlagern, können weitere Risiken und Nutzungskonflikte im wasserwirtschaftlichen System auftreten, beispielsweise zwischen Trinkwasserversorgung, landwirtschaftlicher Bewässerung und Kühlwassernutzung durch Kraftwerke.

Die Klimafolgen für die wasserwirtschaftlichen Sektoren sind unterschiedlich gut bekannt. In den folgenden Abschnitten werden die vorliegenden Erkenntnisse pro Sektor zusammengefasst dargestellt. Kapitel 3 geht dann auf die einzelnen Projekte aus dem Klimainnovationsfonds und deren Bedeutung für die wasserwirtschaftlichen Handlungsbereiche sowie die Anpassungsmöglichkeiten ein.

**Kurze und heftige Niederschläge können zu Überlastungen der Kanalnetze führen**

**Abbildung 7: Beispiele für potenzielle Auswirkungen des Klimawandels auf die wesentlichen wasserwirtschaftlichen Handlungsbereiche und die zugehörigen Wirkungszusammenhänge.**

**Mögliche Auswirkungen des Klimawandels auf die wasserwirtschaftlichen Handlungsbereiche – Ausgewählte Beispiele für Wirkungszusammenhänge –**



## Gewässerbewirtschaftung

Die Gewässerbewirtschaftung umfasst die Bewirtschaftung von Oberflächengewässern und des Grundwassers. Für beide stehen die Wasserqualität und die verfügbaren Wassermengen (beziehungsweise die Erneuerungsraten) im Fokus der Bewirtschaftungsansätze.



**Unverzichtbare Lebensgrundlage: Flüsse spielen eine wichtige Rolle in Nordrhein-Westfalen – zum Beispiel als Trinkwasserlieferant oder Erholungsraum.**

### Oberflächengewässer

Die wesentlichen Aufgaben der Bewirtschaftung von Oberflächengewässern sind der Schutz der Gewässer und ihre Entwicklung hinsichtlich ihrer Gewässer- und Strukturgüte als auch ihrer ökologischen Qualität. Dabei stehen die Wahrung oder gegebenenfalls die Wiederherstellung des ökologischen Gleichgewichts in Verbindung mit der gleichzeitigen, nachhaltigen Trinkwasserversorgung der Bevölkerung sowie der Brauchwasserversorgung von Industrie und Landwirtschaft im Vordergrund. Weitere Aspekte der Gewässerbewirtschaftung können die Gewässernutzung zu Erholungs- und Freizeitzielen sowie zur Energiegewinnung sein.

Die Landesregierung Nordrhein-Westfalen hat im Jahr 2010 unter dem Motto „Lebendige Gewässer“ die Umsetzung der Bewirtschaftungspläne und der Maßnahmenprogramme zur Europäischen Wasserrahmenrichtlinie (EU-WRRL) beschlossen. Zur Wiederherstellung und Sicherung der ökologischen Funktionen werden mehr als 2.200 Kilometer der nordrhein-westfälischen Gewässer in drei Bewirtschaftungsperioden (2010-2015; 2016-2021; 2021-2027) renaturiert. Außerdem wird die Durchgängigkeit der Gewässer für Fische verbessert. Hiermit soll gemäß EU-WRRL ein gewässerspezifischer „guter Zustand“ angestrebt werden. Das Maßnahmen-

programm trägt damit zur Stärkung der Gewässer gegenüber nachteiligen Wirkungen des Klimawandels bei.

Für die möglichen Auswirkungen des Klimawandels auf Quantität und Qualität von Oberflächengewässern sind – in Abhängigkeit von der räumlichen Lage und der Nutzungssituation – verschiedene hydraulische, stoffliche und hygienische Faktoren verantwortlich. Untersuchungen zu den Auswirkungen der prognostizierten Klimaänderungen auf das Abflussverhalten der wichtigsten Fließgewässer in Nordrhein-Westfalen haben für die nahe Zukunft (2021-2050) gezeigt, dass die mittleren Abflüsse der Oberflächengewässer unter dem Einfluss des Klimawandels im hydrologischen Winterhalbjahr tendenziell zu-, im Sommerhalbjahr geringfügig abnehmen (bis zu zehn Prozent). Für die ferne Zukunft (2071-2100) sind starke Zunahmen für die mittleren Niedrig-, Mittel- und Hochwasserabflüsse während der Wintermonate und entsprechende Abnahmen während der Sommermonate nicht auszuschließen. Verglichen mit den mittleren jahreszeitlichen Abflüssen in der Vergleichsperiode (1971-2000) ist nach den Klimaprojektionen mit einem Anstieg von bis zu 60 Prozent im Winter zu rechnen. In den Sommermonaten nehmen die mittleren Abflüsse infolge geringerer Niederschläge zwischen zehn und 30 Prozent ab. Diese Trends sind in Mittelgebirgen deutlicher ausgeprägt als im Tiefland. Über das gesamte hydrologische Jahr betrachtet, mitteln sich die genannten Veränderungen zwar, insgesamt wird aber ein leichter Anstieg der Jahresmittelabflüsse erwartet.

Einzelne extreme Wetterereignisse und die erwarteten klimatischen Veränderungen können Flora und Fauna (Gewässerbiozönose), aber auch die Struktur des Gewässers so stark beeinflussen, dass deren Qualität und ein ordnungsgemäßer Abfluss nachhaltig beeinträchtigt werden. Starkregenereignisse können beispielsweise in Mittelgebirgslagen häufige Abschwemmungen bewirken, bei denen abbaubare Bodenbestandteile, Nährstoffe oder Krankheitserreger in die Oberflächengewässer eingetragen werden. Höhere Temperaturen lassen zudem einen geringeren Sauerstoffgehalt und eine erhöhte Sauerstoffzehrung in den Gewässern erwarten, durch die sich die Gewässergüte wesentlich verschlechtern kann.

**Viele Gewässer Nordrhein-Westfalens werden in den nächsten Jahren renaturiert**

Generell steigt durch häufigere Hochwasserereignisse die Gefahr des Stoffeintrags – entweder durch Unfälle, Umlagerung belasteter Sedimente oder die Überflutung von Trinkwassergewinnungs- und -aufbereitungsanlagen sowie Kläranlagen. Bei zunehmenden Trockenperioden erhöhen sich bei gleichbleibenden Konzentrationen und Frachten der Abwasserleitungen die Schadstoffkonzentrationen.

### Grundwasser

Wichtige Aufgaben der Grundwasserbewirtschaftung sind – insbesondere in Siedlungs- und Kulturräumen – die Grundwasserressourcen möglichst weitgehend vor einem diffusen Eintrag von Schadstoffen zu schützen und Grundwasser als Rohwasserressource bereitzustellen.

Allerdings ist das Grundwasser Nordrhein-Westfalens bereits heute auf einem Gebiet von etwa 40 Prozent der Landesfläche in einem schlechten chemischen Zustand – überwiegend aufgrund erhöhter Nitratkonzentrationen. Unter dem Einfluss künftig höherer Bodentemperaturen ist zu erwarten, dass sich dieser Trend fortsetzt, da mehr Humus abgebaut, Stickstoff mineralisiert und Nitrat in das Grundwasser ausgewaschen wird.

Vor allem vor dem Hintergrund, dass das Grundwasser gemäß EU-Wasserrahmenrichtlinie bis zum Jahr 2015 grundsätzlich den „guten mengenmäßigen Zustand“ und den „guten chemischen Zustand“ aufweisen muss, ist diese Entwicklung bedenklich. Denn selbst unter Inanspruchnahme möglicher Fristverlängerungen

muss Nordrhein-Westfalen diese Ziele spätestens bis zum Jahr 2027 erreichen.

Die Grundwasserstände unterliegen jahreszeitlichen Schwankungen, aber auch längerfristigen Veränderungen des Klimas. Tendenziell lassen die Niederschlagszunahmen in den Wintermonaten mehr Wasserneubildung und damit eher einen Anstieg der Grundwasserstände vermuten. Das ist für die Wasserversorgung und den Erhalt grundwasserabhängiger Ökosysteme grundsätzlich positiv. Stimuliert durch ansteigende Temperaturen, nimmt aber auch die Verdunstung zu, so dass lokal Niederschlagszunahmen überkompensiert werden können.

Eine vom Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW (LANUV) beauftragte Untersuchung ergab, dass die Grundwasserstände in Nordrhein-Westfalen zwischen 1970 und 2008 sowohl räumlich als auch zeitlich sehr ungleichen Trends folgen. Aussagekräftiger sind die aus den Ganglinien abgeleiteten Änderungen der Grundwasserstände zum Vormonat. Hier zeigt sich für den Betrachtungszeitraum eine deutliche Verschiebung des Einsetzens der Grundwasserzehrung von Mai hin zu April. Gleichzeitig hat sich auch der Beginn der Grundwasser-Neubildungsphase vom Herbst hin zum Spätsommer verschoben. Es ist anzunehmen, dass sich beide Trends bisher im Jahresgang ausgleichen. Für die statistischen Auswertungen der Ganglinien und den Vergleich mit Temperatur- und Niederschlagsdaten wurden nur solche Messstellen herangezogen, die als vom Menschen unbeeinflusst gelten können. Bisher zeigen die Grundwasserstände keine flächendeckenden, über längere Zeiträume stabilen, statistischen Zusammenhänge mit den in den Klimadaten beobachteten Trends.

Erste Projektionen zur zukünftigen Entwicklung der Grundwasser-Neubildungsraten liegen für die nahe Zukunft (2051-2060) und für die ferne Zukunft (2070-2099) vor (PIK 2009, Wendland et al. 2008). Hiernach deutet sich an, dass in der Ost-Eifel, in der angrenzenden Niederrheinischen Bucht und im Sauerland das Grundwasser leicht absinken kann.

Für die Klimaregion Nordrhein-Westfalen ergibt sich noch kein eindeutiges Bild der künftigen Entwicklung der Grundwasserstände. Die genauere Kenntnis darüber ist jedoch wichtig, um

**Chemische Belastung des Grundwassers droht durch Klimawandel zuzunehmen**

**Unerschöpflicher Nachschub: Das Grundwasser in Nordrhein-Westfalen speist unzählige Bachläufe.**





**Schwankender Wasserstand: Durch den Klimawandel sind im Winter höhere, im Sommer niedrigere Pegel bei Talsperren zu erwarten.**

vor dem Hintergrund konkurrierender Nutzungssituationen geeignete Anpassungsoptionen zu entwickeln.

Aus diesem Grund wird in Zusammenarbeit mit dem Forschungszentrum Jülich die flächendeckende Entwicklung der Grundwasserneubildung in Nordrhein-Westfalen umfassender untersucht.

## Talsperrenbewirtschaftung

In Nordrhein-Westfalen werden derzeit etwa 170 Stauanlagen betrieben, die einen bedeutsamen Teil der wasserwirtschaftlichen Struktur im Lande darstellen. Sie sind meist so konzipiert, dass sie mehreren Zwecken dienen. Von besonderer Bedeutung sind sie insbesondere als Talsperren für die Trink- und Brauchwasserbereitstellung, für die Wasserkraftnutzung oder die Abflussregulierung von Fließgewässern, aber auch als Speicher und Rückhaltebecken, zum Beispiel für den Hochwasserschutz.

Aufgrund des außerordentlichen Gefährdungs- und Schadenspotenzials, das Stauanlagen für Mensch und Umwelt bergen, ist ein sicherer Betrieb von besonderer Bedeutung. In der DIN 19700 sind die Sicherheitsanforderungen an Stauanlagen durch die Vorgabe von Bemessungshochwasserereignissen sehr geringer Eintrittswahrscheinlichkeit definiert. Diese bewegen sich im Bereich von Jährlichkeiten (Wiederkehrwahrscheinlichkeit von bestimmten Abflüssen) größer 100 bis 10.000 Jahren. Da Abflussaufzeichnungen aber meist für Zeiträume von bestenfalls bis zu 100 Jahren vorliegen, bleibt die

notwendige Einschätzung zur Häufigkeit derartiger Ereignisse zwangsläufig vage.

Für die Talsperrenbewirtschaftung lassen die projizierten Auswirkungen des Klimawandels und Änderungen im Wasserhaushalt stärker variierende Füllstände der Talsperren im Jahresverlauf erwarten. Es werden auf Basis der vorliegenden Untersuchungsergebnisse vor allem ein erhöhtes Wasserdargebot im Winterhalbjahr und erhöhte Verdunstungsraten sowie stärkere Nutzungsansprüche und erhöhte Abgaben zu Zeiten sommerlichen Niedrigwassers angenommen.

Im Rahmen der NRW-Studie „Hochwasserschutzwirkung der Talsperren im Einzugsgebiet der Ruhr bei ganzjährigem Betrieb unter Berücksichtigung Klima bedingter Abflussänderungen einschließlich konkurrierender Nutzungen“ erfolgte eine Untersuchung des Hochwasserschutzgrades und dessen Veränderung infolge des Klimawandels.

Eine räumliche Differenzierung der zu erwartenden Abflussveränderungen ist dabei nicht erkennbar, das gesamte Einzugsgebiet weist infolge des Klimawandels eine einheitliche Tendenz auf. In den Wintermonaten sind Zunahmen der mittleren monatlichen Höchstwerte des Abflusses zu erwarten. Für die statistischen Größen ergab sich bei den häufigen Wahrscheinlichkeiten (zum Beispiel zweijährlich) ein deutlicher Anstieg der Hochwasserabflüsse, allerdings deutlich geringere Abflusszunahmen bei den seltenen Wahrscheinlichkeiten (zum Beispiel 100-jährlich). Da die Hochwasserschutzwirkung insbesondere bei seltenen Ereignissen greift, bleibt diese nahezu unverändert.

Insgesamt zeigt ein gewähltes Klimaszenario auf Basis von WettReg eine eher entlastende Folge, während ein anderes Klimaszenario auf Basis von REMO sich belastend auswirkt. Insbesondere die Veränderung der Niederschlagsverteilung vom Sommer in den Winter ist maßgebender Faktor hinsichtlich der Auswirkungen. Flexible Bewirtschaftungsstrategien tragen dazu bei, dem Klimawandel begegnen zu können.

## Wasserversorgung

Als bevölkerungsreichstes Bundesland Deutschlands (rund 18 Millionen Einwohner) mit starker industriell-gewerblicher, aber auch landwirtschaftlicher Prägung hat Nordrhein-Westfalen einen hohen Bedarf an sauberem Rohwasser und qualitativ hochwertigem Trink- und Betriebswasser für Bevölkerung, industrielle Produktion, Kleingewerbe sowie Land- und Gartenbau. Die Wasserversorgung stützt sich auf die Nutzung von Grundwasser (zum Beispiel am Niederrhein und im Münsterland), Uferfiltrat und angereichertem Grundwasser entlang größerer Flüsse (zum Beispiel Rhein, Ruhr, Ems) sowie auf Talsperren in der Eifel, im Bergischen Land und im Sieger-/Sauerland. Während für die öffentliche Wasserversorgung pro Jahr zirka 1,18 Milliarden Kubikmeter Trinkwasser gewonnen werden, werden weitere 4,18 Milliarden Kubikmeter Betriebswasser durch verarbeitendes Gewerbe, Bergbau, Kiesabbau und Kraftwerke zur Strom- und Wärmeerzeugung genutzt. Dieses wird aber nach der Nutzung (etwa zu Kühlzwecken in Kraftwerken) größtenteils wieder zurückgeführt.

**Fast die Hälfte des nordrhein-westfälischen Trinkwasserbedarfs wird aus Grund- und Quellwasservorkommen gedeckt**

Die Deckung des Trinkwasserbedarfs des Landes erfolgt zu etwa 45 Prozent aus Grund- und Quellwässern (Grundwässer insbesondere in der Niederrheinischen Bucht und dem Münsterland, Quellwässer in den Festgesteinsgebieten des Weserberglandes, des Sieger- und Sauerlandes sowie der Eifel). Kennzeichnend für Nordrhein-Westfalen ist der hohe Anteil der Trinkwassergewinnung aus Oberflächenwasser gestützten Ressourcen (fast 55 Prozent). Diese werden aus durch Oberflächengewässer beeinflusstem Grundwasser, aus Uferfiltrat (insbesondere entlang des Rheins) sowie durch Grundwasseranreicherung (zum Beispiel entlang der Ruhr) gewonnen. Aus den insgesamt 26 Talsperren werden weitere wesentliche Anteile des Trinkwassers unmittelbar aus Oberflächengewässern entnommen. Das zu Kühlzwecken in Kraftwerken benötigte Betriebswasser stammt fast ausschließlich aus Flüssen.

Die regionale und gewinnungsspezifische Bandbreite der Ressourcen für die Trink-, Brauch- und Betriebswasserversorgung zeigt die hohe potenzielle Anfälligkeit dieses wasserwirtschaftlichen Handlungsfeldes für die Folgen des Klimawandels.

Bei der Trinkwasserversorgung ist der Wasserbedarf in Nordrhein-Westfalen in den letzten Jahren kontinuierlich zurückgegangen, so dass die Versorgungssicherheit nach bisheriger Kenntnislage voraussichtlich auch bei zunehmenden Hitzeperioden und höherem Spitzenverbrauch nicht gefährdet sein wird. Einzelne Faktoren können die Wasserversorgung jedoch regional ungünstig beeinflussen (MUNLV 2009a). So können sich insbesondere in Gebieten mit zukünftig zurückgehender Grundwasserneubildung Nutzungskonkurrenzen um die Ressource Grundwasser ergeben – etwa in Teilbereichen der Niederrheinischen Bucht oder des Münsterlandes durch einen zunehmenden Bewässerungsbedarf von Landwirtschaft und kommerziellem Gartenbau. Eine reduzierte Grundwasserneubildung kann bei den vor allem in ländlichen Gebieten betriebenen Eigenwasserversorgungen Probleme verursachen (zum Beispiel im Münsterland) oder zu reduzierten Schüttungen bei Quelfassungen (etwa in der Ost-Eifel oder im Sauerland) führen.

Neben der quantitativen Beeinflussung der zur Verfügung stehenden Wasserressourcen kann der Klimawandel potenziell auch die Wasserbeschaffenheit beeinträchtigen. Um ein qualitativ gutes Trinkwasser aus Grundwasser zur Verfügung zu stellen, haben einige Wasserversorger aufgrund der Nitratproblematik bereits tiefere Grundwasservorkommen erschlossen. Veränderungen der Eigenschaften und Belastungen von Fließgewässern können die stoffliche Zusammensetzung von Rohwässern aus Uferfiltrat oder angereichertem Grundwasser wesentlich beeinflussen.

Trinkwassergewinnungs- und -aufbereitungsanlagen an Fließgewässern unterliegen künftig gegebenenfalls einem höheren Überflutungsrisiko. So kann sich zum Beispiel durch Temperaturveränderungen von Oberflächengewässern die Belastung durch wasserübertragbare Krankheitserreger verändern. Erhöhte Luft- und Rohwassertemperaturen können außerdem die Trinkwasserhygiene in Trinkwasserspeichern (Hochbehältern) oder im Leitungsnetz zur Trinkwasserverteilung beeinträchtigen.

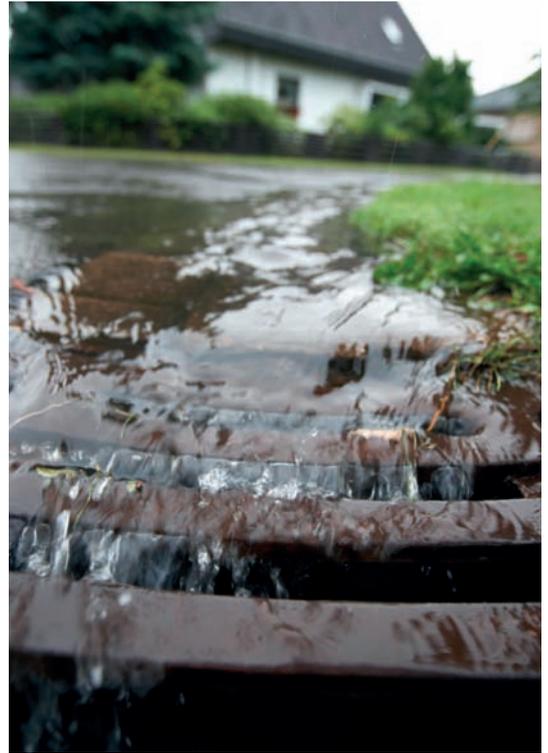
## Siedlungsentwässerung

Die Aufgabe der Siedlungsentwässerung ist es, Abwasser aller Art aus den Siedlungsgebieten einer Abwasserbehandlungsanlage (Kläranlage) oder einer Vorflut (einem Wasser aufnehmenden Fließgewässer) zuzuleiten. Quantitativ wird die Siedlungsentwässerung durch die Ableitung von Niederschlagswasser geprägt, qualitativ vor allem von den mit Schmutzstoffen und Keimen belasteten häuslichen, gewerblichen und industriellen oder sanitären Abwässern.

In Nordrhein-Westfalen werden insgesamt zirka drei Milliarden Kubikmeter kommunales und industrielles Abwasser und Niederschlagswasser in rund 670 kommunalen Kläranlagen behandelt und in die Gewässer eingeleitet. Weiterhin sind über 1.100 industrielle Direkteinleiter zu verzeichnen, die pro Jahr etwa 800 Millionen Kubikmeter Schmutzwasser in die Gewässer Nordrhein-Westfalens einleiten. Es fließen darüber hinaus noch Niederschlagsabflüsse über Mischwasserentlastungen, aus Trennsystemen oder von nicht angeschlossenen Flächen in die Gewässer. Die Abwasserbehandlung in Nordrhein-Westfalen zeichnet sich – bezogen auf die gesetzlichen Anforderungen und im internationalen Vergleich – durch einen hohen Standard aus.

**Künftig häufiger auftretende Starkregenereignisse können Kanalnetze überlasten**

In den nordrhein-westfälischen Siedlungs- und Ballungsbereichen werden die wasserwirtschaftlichen Auswirkungen von Klimaänderungen möglicherweise am schnellsten offenbar. So zeigen bereits Beispiele aus der jüngsten Vergangenheit, dass das vorhandene Kanalnetz bei Starkregenereignissen die Wassermengen häufig nicht schnell genug abführen kann und es dann zu großräumigen Überschwemmungen in Innenstädten und Siedlungen kommt. Bei einer zukünftigen Häufung von Starkregen und Extremwetterereignissen erhöht sich diese Gefahr der zeitweisen Überlastung des Kanalnetzes und der in der Folge entstehenden Überflutungen. Auch die Kapazitäten der am Ende des Kanalnetzes liegenden Abwasserbehandlungsanlagen beziehungsweise die der vorgehaltenen Regenwasserspeicherbecken können bei länger anhaltenden Niederschlägen oder bei Starkniederschlägen zukünftig häufiger für eine begrenzte Zeitspanne überschritten werden.



Zwar fehlen bislang eindeutige Belege einer statistisch signifikanten Zunahme der Intensität von Starkregen im Bereich der für die Siedlungsentwässerung relevanten Dauerstufen. Dennoch sollte von einer Zunahme derartiger Ereignisse ausgegangen werden.

Ein weiteres Problem stellen die zu erwartenden trockeneren Sommer oder längere Trockenperioden dar. Durch sie kann es zu Ablagerungen in der Kanalisation und in der Folge zu erhöhter Korrosion im Abwassernetz, erhöhter Geruchsbildung und sogar zu einem zunehmenden Auftreten von Ungeziefer kommen.

## Hochwasserschutz

In Nordrhein-Westfalen muss der Hochwasserschutz ein breites Spektrum an Fließgewässern berücksichtigen, da diese aufgrund ihrer Länge, der Größe ihrer Einzugsgebiete und der Lage im Berg- oder Flachland unterschiedliche Abflusscharakteristika aufweisen. Dies ist für die Entwicklung von Hochwasserereignissen und entsprechenden Schutzkonzepten von großer Bedeutung. Dennoch werden die möglichen Auswirkungen des Klimawandels auf das Abflussverhalten der Fließgewässer in Nordrhein-Westfalen räumlich voraussichtlich nicht grundsätzlich verschieden sein.

Für die nahe Zukunft ist bei den Flussgebieten Nordrhein-Westfalens in Bezug auf das Hochwassergeschehen laut den durchgeführten Studien keine signifikante klimabedingte Verschärfung zu erwarten. Die mittleren monatlichen Hochwasserabflüsse zeigen lediglich einen geringen Anstieg von bis zu zehn Prozent in den Wintermonaten.

In der „fernen“ Zukunft bis 2100 zeichnet sich jedoch eine deutliche Erhöhung der mittleren Hochwassererhältnisse ab. Dauerlinienauswertungen ergeben zudem, an wie vielen Tagen eines hydrologischen Jahres bestimmte Abflüsse unter- oder überschritten werden. Diese Betrachtungen deuten auf eine Zunahme von Extremsituationen hin.

Dies betrifft nach den Ergebnissen des Projektes RheinBlick2050 der Internationalen Kommission für die Hydrologie des Rheingebietes am Niederrhein stärker die ferne Zukunft (2071-2100) und die seltenen extremen Hochwasserereignisse. Allerdings weisen die mit den verschiedenen globalen und regionalen Modellen ermittelten Tendenzen sehr große Bandbreiten und Unsicherheiten auf. Grundsätzlich ist auch für die nähere Zukunft zu erwarten, dass die Anzahl der Starkregenereignisse zunehmen wird, so dass hierdurch häufiger Hochwasserereignisse an kleinen Gewässern und Überschwemmungen von Siedlungsbereichen vorkommen können.

## Vernetzung mit anderen Handlungsbereichen

Durch den Wasserkreislauf stehen die wasserwirtschaftlichen Handlungsbereiche in einem komplexen Wirkungsgefüge mit diversen weiteren Lebens-, Umwelt- und Wirtschaftsbereichen (Sektoren) wie Landwirtschaft, Forstwirtschaft, biologische Vielfalt und Naturschutz, Tourismus, Gesundheit, Stadt- und Regionalplanung, Gesundheit und Anlagensicherheit. Diese Sektoren sind ebenso wie die wasserwirtschaftlichen Handlungsbereiche sowohl unmittelbar als auch mittelbar von den Folgen des Klimawandels betroffen, da die klimabedingten Auswirkungen in einzelnen Sektoren oder wasserwirtschaftlichen Handlungsbereichen auch zu Auswirkungen in benachbarten Bereichen oder Sektoren führen können.

- Bei zukünftig im Mittel trockeneren und wärmeren Sommern führt ein erhöhter Bewässerungsbedarf in der Landwirtschaft zu einer zunehmenden Nutzungskonkurrenz etwa mit den Ansprüchen der Trinkwasserversorgung. Durch eine vermehrte Beregnung landwirtschaftlicher Nutzflächen sowie einer längeren Vegetationsperiode kann es zu höheren Stoffeinträgen aus Düngemitteln in Grund- und Oberflächengewässer kommen, durch die die Trinkwasserbeschaffenheit nachteilig beeinflusst werden kann.

**Steigende Gefahr:  
Experten rechnen  
für die Zukunft mit  
mehr Hochwasser-  
ereignissen entlang  
von Fließgewässern.**



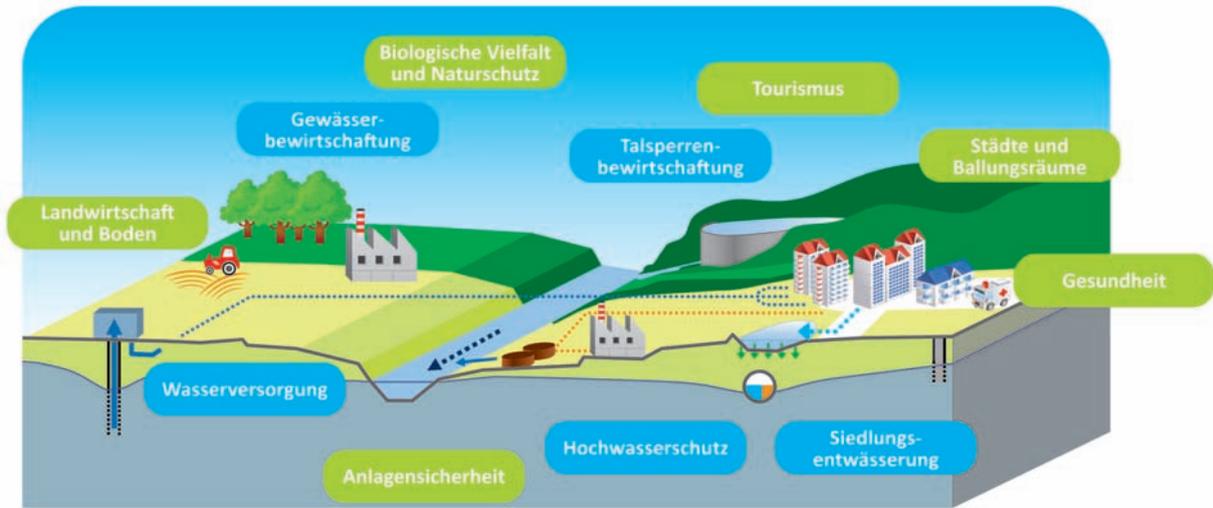


Abbildung 8: Neben der Wasserwirtschaft sind auch andere Lebens- und Umweltsektoren direkt oder indirekt mit dem Wasserkreislauf verbunden (Beispiele).

- Eine erhöhte Pflanzenproduktivität in der Land- und Forstwirtschaft sowie stetig länger werdende Vegetationsperioden führen zu erhöhtem Wasserverbrauch aller Pflanzen, sei es durch unmittelbare Entnahme aus dem Grundwasser, erhöhte Ausnutzung der Niederschläge oder zusätzliche Bewässerung. Auch hieraus ergeben sich erhöhte Beanspruchungen der lokalen Wasserressourcen und damit unmittelbare Konkurrenzen zu anderen Nutzungsansprüchen.
- Der Waldumbau von Nadelholzbeständen zu Laub- oder Mischwaldbestockungen mit tendenziell geringeren Wasseransprüchen kann sich dagegen positiv auf die Grundwasserneubildung auswirken. Allerdings können solche Verschiebungen der Grundwasserneubildung und -zehrung im Jahresverlauf wiederum zu Problemen in der Land- und Forstwirtschaft sowie zu einer verminderten Stabilität von Feuchtbiotopen und weiterer Gewässerökosysteme führen.
- Maßnahmen zur weiteren Entwicklung des Hochwasserschutzes wie die Schaffung erweiterter Retentionsräume konkurrieren mit bestehenden Landnutzungsansprüchen und Schutz- beziehungsweise Qualitätszielen (zum Beispiel in den Bereichen Landwirtschaft, Siedlungsentwicklung, Wassergewinnung). So können häufigere Überflutungen durch ein verändertes Abflussverhalten eines Fließgewässers zu einem erhöhten Eintrag von Schadstoffen in Flussauen und landwirtschaftlich genutzten Retentionsräumen führen. Solche Überflutungsereignisse erhöhen das Risiko von Gewässerverunreinigungen durch Leckagen privater Heizöltanks oder Freisetzungen von schädlichen Stoffen aus gewerblichen Anlagen. Hierdurch werden unter anderem die Trinkwassergewinnung oder landwirtschaftliche Aktivitäten im Unterlauf gefährdet.
- Überflutungen von Trinkwasseraufbereitungs-/gewinnungsanlagen können die Sicherheit der Trinkwasserversorgung in Frage stellen. Bei Kläranlagen führen Überflutungen auch nach Hochwässern unter Umständen dazu, dass verschiedene Aufbereitungsstufen längerfristig ausfallen.

**Positiver Effekt:**  
Der Umbau von Nadel- zu Mischwäldern kann sich förderlich auf die Grundwasserneubildung auswirken.



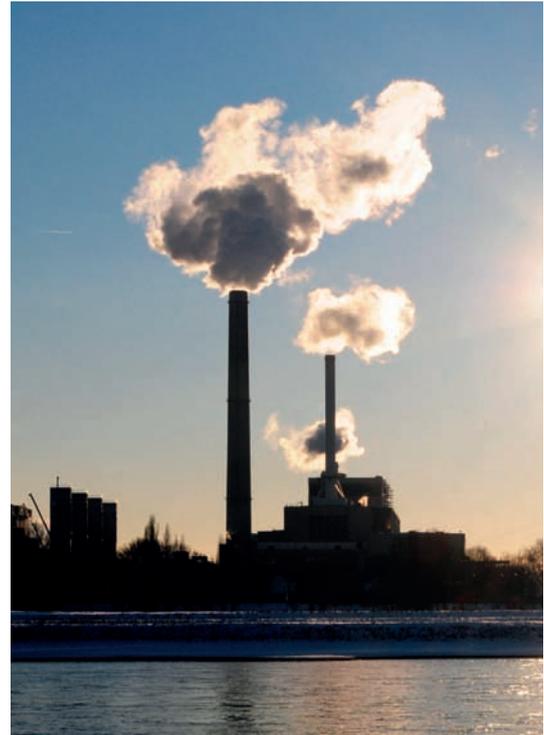
- Durch die für die ferne Zukunft prognostizierten häufigeren Niedrigwasserabflüsse werden die sensiblen Ökosysteme der mittleren und kleineren Fließgewässer voraussichtlich auch durch erhöhte Wassertemperaturen und dadurch zurückgehende Sauerstoffgehalte beeinträchtigt. Dazu kommt die Aufkonzentrierung von Schadstoffen. Eine natürlich, oder insbesondere im Unterlauf von Talsper-

**Hitzestau:  
Die Wärmeeinleitungen durch Kraftwerke können das biologische Gleichgewicht von Fließgewässern stören.**

ren technisch reduzierte Wasserführung limitiert weiterhin die Schiffbarkeit der Gewässer sowie die Wasserentnahme für industrielle oder weitere Nutzungen. Zunehmende Gewässertemperaturen stellen eine Grenze der Gewässereignung für die Kühlwasserentnahme durch Kraftwerke dar, vor allem aber auch für deren Rückführung und die damit verbundenen Wärmeeinleitungen.

- Zunehmende Sommertemperaturen oder längere Schönwetterphasen können im Tourismus- und Freizeitbereich zu einer erhöhten Nutzung von Oberflächengewässern in Nordrhein-Westfalen führen. Aus Sicht der Wasserversorgung und des Gewässerschutzes in trockenen Perioden mit verringerten Abflüssen sollte diese Nutzung hingegen eher reduziert werden.
- Stark- und Extremniederschlagsereignisse, wie sie bereits in der nahen Zukunft häufiger stattfinden könnten, können unmittelbar – oder wegen der durch sie entstehenden Hochwässer oder Überflutungen – zu erheblichen Beschädigungen an Gebäuden und der öffentlichen Infrastruktur führen. Zudem können sie die Sicherheit von im Überflutungsbereich liegenden Produktions- oder Versorgungsanlagen gefährden. Von Industrieanlagen und den dort gelagerten Stoffen, aber auch von privat genutzten Heizöltanks kann bei einer Überflutung ein erhebliches Gefährdungspotenzial für Grund- und Oberflächengewässer ausgehen.
- In der Land- und Forstwirtschaft können starke Niederschläge trotz umfassender Maßnahmen zum Bodenschutz erhebliche Erosionsschäden verursachen und dadurch die Fruchtbarkeit und Ertragsfähigkeit land- und forstwirtschaftlicher Nutzflächen wesentlich beeinträchtigen. Abgeschwemmte Sedimente, Bodenbestandteile, Nährstoffe, Rückstände von Pflanzenschutzmitteln oder eingetragene Krankheitserreger können zu einer starken Trübung von Oberflächengewässern führen und insgesamt zu einer erheblichen stofflichen oder hygienischen Verschlechterung der Wasserbeschaffenheit beitragen.

Die Auswirkungen dieser über den Wasserkreislauf bedingten Abhängigkeiten und wechselseitigen Abhängigkeiten der verschiedenen Sekto-



ren und wasserwirtschaftlichen Handlungsbe-  
reiche werden durch weitere miteinander eng  
verbundene Faktoren beeinflusst. So werden  
die tatsächlichen Auswirkungen des Klimawandels vor Ort sowohl hinsichtlich ihrer Größen-  
ordnung als auch ihrer räumlichen Verteilung in  
erheblichem Maße von der demografischen und  
der wirtschaftlichen Entwicklung überlagert.  
Weitere wichtige Einflussfaktoren sind die Be-  
siedlungsdichte, die Flächenentwicklung und  
topographische Aspekte – etwa die Höhenlage  
über NN und Geländeneigungen – als auch lo-  
kale Schadenspotenziale und die Anpassungs-  
kapazitäten der betroffenen Gemeinwesen.

Durch diese gegenseitigen Abhängigkeiten  
ergeben sich aus den hier vorgestellten For-  
schungs- und Untersuchungsprojekten in den  
einzelnen wasserwirtschaftlichen Handlungsbe-  
reichen neue und wichtige Hinweise und Er-  
kenntnisse auch für andere Sektoren wie die  
Stadtplanung, Land- und Forstwirtschaft oder  
Gesundheit.

**Extreme Nieder-  
schläge könnten  
zukünftig häufiger  
die städtische  
Infrastruktur be-  
schädigen**

## Anpassung der Wasserwirtschaft an den Klimawandel – eine Strategie für Nordrhein-Westfalen

Mehr Hochwasserschutz? Größere Kanäle? Die Studien des Landes NRW geben erste Hinweise, welche Anpassungsmaßnahmen sinnvoll sind.

Die Wasserwirtschaft muss sich seit jeher mit natürlichen Veränderungen und Schwankungen des Klimas auseinandersetzen. Dabei sind die Möglichkeiten zu reagieren sehr unterschiedlich: Die wasserwirtschaftlichen Bewirtschaftungsverfahren sind relativ flexibel und erlauben kurzfristige Eingriffe (zum Beispiel die Speichersteuerung von Talsperren oder die Kanalnetzbewirtschaftung einschließlich der vorhandenen Rückhaltemöglichkeiten im System). Dagegen stehen Änderungen der baulichen und technischen Infrastruktur wie Staumauern, Rückhaltebecken, Abwasserkanäle oder Kläranlagen bisher häufig ein längerfristiger Planungsvorlauf, die Planungsunsicherheit sowie durchschnittliche Abschreibungsdauern von 50 bis 80 Jahren entgegen.

**Weiter Blick: Anpassungsmaßnahmen in der Wasserwirtschaft verlangen eine vorausschauende Planung.**



Neue Herausforderungen für die Wasserwirtschaft sind vor allem häufigere Überschreitungen von Bemessungsgrößen sowie die erwarteten Zunahmen von Extremwerten bei Temperatur und Niederschlag, die sich unmittelbar auf den Wasserhaushalt auswirken. Änderungen im Wasserhaushalt wiederum haben nicht nur direkte Folgen für die wasserwirtschaftlichen Handlungsbereiche (Hochwasserschutz, Talsperrenbewirtschaftung, Wasserversorgung, Siedlungsentwässerung und Gewässerbewirtschaftung), sondern auch für benachbarte Sektoren wie ökologische und biologische Vielfalt, Gesundheit, Stadtplanung, Land- und Forstwirtschaft, Energieerzeugung oder Verkehr und Schifffahrt. In wasserwirtschaftlichen Handlungsfeldern ergriffene Anpassungsmaßnahmen werden daher in Nordrhein-Westfalen in eine sektorübergreifende Anpassungsstrategie integriert (siehe hierzu Kapitel 1).

Erste Handlungsoptionen und Vorschläge für Maßnahmen zum Schutz vor Klimafolgen in der Wasserwirtschaft in Nordrhein-Westfalen hat die Landesregierung im April 2009 ebenfalls in der Anpassungsstrategie des Landes formuliert. Sie macht darin aber deutlich, dass lediglich erste Grundsteine gelegt wurden, auf die es weiter aufzubauen gilt.

Mit den durch den Klimainnovationsfonds geförderten Studien und Untersuchungen zur Entwicklung von Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel – die in diesem Kapitel vorgestellt werden – kommt die Landesregierung nun ihrem Ziel einen Schritt näher, für die Wasserwirtschaft eine eigene integrierte Strategie zur Anpassung an den Klimawandel vorzulegen.

## Der Weg zu einer integrierten Anpassung der Wasserwirtschaft

Um die Anpassung der Wasserwirtschaft gezielt voranzutreiben und so effektiv und effizient wie möglich zu gestalten, bündeln MKULNV und LANUV in enger Zusammenarbeit mit weiteren Akteuren der Wasserwirtschaft vorhandenes Wissen, um auf dieser Grundlage Projekte und Maßnahmen zu entwickeln, die identifizierte Wissenslücken schließen und Erkenntnisse praktisch umsetzen.

Von Interesse sind dabei alle Ergebnisse, die landesweit in verschiedenen Initiativen und Maßnahmen erarbeitet wurden. Auch die Resultate weiterer, von der Bundesregierung, der EU oder den Akteuren der Wasserwirtschaft durchgeführter Vorhaben, welche die strukturellen und regionalen Gegebenheiten des Landes Nordrhein-Westfalen berücksichtigen oder übertragbare Erkenntnisse liefern, werden betrachtet. Dieses dezentral gewonnene Wissen gilt es zusammenzutragen und zu analysieren. Doppelarbeiten sollten dabei vermieden und eventuelle Wissenslücken frühzeitig identifiziert werden. Die bereits erarbeiteten Ergebnisse lie-

fern schon jetzt erste Aussagen zu relevanten Handlungsbereichen und Akteuren, sind aber noch nicht abschließend.

Das übergreifende Ziel ist es, auf der Grundlage des Ist-Zustands des Wasserhaushalts sowie des ökologischen Gewässerzustands den Anpassungsbedarf für die wasserwirtschaftlichen Handlungsfelder zu ermitteln sowie Handlungsoptionen und Maßnahmen aufzuzeigen.

Aufgrund der unterschiedlichen Betroffenheit durch die Klimawandelfolgen werden die wasserwirtschaftlichen Handlungsbereiche Hochwasserschutz, Abwasser-/Niederschlagswasserbeseitigung, Trinkwasserversorgung, Gewässerbewirtschaftung und Talsperrenbewirtschaftung zunächst separat betrachtet. Für jeden Handlungsbereich ergeben sich aus den bisherigen Erkenntnissen relevante Fragestellungen zu den zu erwartenden Auswirkungen, die mit Hilfe der Ergebnisse aus bereits abgeschlossenen und den noch laufenden Projekten zu beantworten sind.

Ein weiterer wichtiger Baustein auf dem Weg zu einer integrierten Anpassung der Wasserwirtschaft in Nordrhein-Westfalen sind die Untersuchungen, Projekte und Maßnahmen, die die

**Erkenntnisse anderer Länder und EU-Staaten werden bei der Entwicklung von Anpassungsstrategien einbezogen**

**Verschlungene Pfade: Für eine integrierte Anpassung müssen viele regionale Gegebenheiten berücksichtigt werden.**



Landesregierung seit Januar 2008 im Rahmen des Klimainnovationsfonds NRW initiiert hat. Gefördert werden hier Aktivitäten, die sich grundlegend mit der weiteren Untersuchung der regionalen Auswirkungen des Klimawandels befassen, den notwendigen Anpassungsbedarf ermitteln und die geeignete regional differenzierte Handlungsoptionen und Anpassungsmaßnahmen erarbeiten.

Darüber hinaus wird ein sektorübergreifendes Klimafolgenmonitoring (Überwachung der Klimafolgen und initiierten Anpassungsmaßnahmen) durch das LANUV aufgebaut werden, welches die klimasensitiven Sektoren und Handlungsbereiche in Nordrhein-Westfalen mit Hilfe von maximal zehn bis 15 Indikatoren er-

fasst. Basis für die Indikatoren ist das Konzept der europäischen Umweltagentur. Indikatoren für die Veränderung des Klimas und der Atmosphäre sind etwa die Jahresmitteltemperatur und die jährlichen Niederschlagssummen. Die sich daraus ergebenden Kennwerte für Klimafolgen sind für die Wasserwirtschaft etwa die Gewässertemperatur und das Abflussverhalten.

Mit einem Klimafolgenmonitoring können nicht nur reale Auswirkungen des Klimawandels auf den Wasserhaushalt dokumentiert und untersucht, sondern auch die durchgeführten Anpassungsmaßnahmen auf ihre Eignung hin überprüft werden. Die Ergebnisse werden mittel- und langfristig ebenfalls in die Anpassungsstrategie einfließen.

**Abbildung 9:**  
Relevante Fragestellungen zu den Folgen des Klimawandels innerhalb der wasserwirtschaftlichen Handlungsbereiche.

Wasserwirtschaftlicher Handlungsbereich	Fragestellung
Gewässerbewirtschaftung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Welche Konsequenzen ergeben sich für den Gewässerzustand und die Gewässerökologie (Biologie)?</li> <li>• Wie beeinträchtigen mögliche Überflutungsereignisse, Niedrigwasserperioden und Starkregeneignisse die Gewässerqualität?</li> <li>• Welche langfristigen Auswirkungen sind auf die Quantität und Qualität der genutzten Grundwasserressourcen zu erwarten?</li> <li>• Welche Folgen haben die möglichen Veränderungen im Grundwasser für grundwasserabhängige Landökosysteme oder Gebäude?</li> <li>• Welche Auswirkungen sind für die industrielle und energetische Nutzung der Wasserressourcen zu erwarten?</li> </ul>
Talsperrenbewirtschaftung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wie ist mit zunehmend konkurrierenden Nutzungsinteressen umzugehen (vor allem Trinkwasserversorgung – Hochwasserschutz – Energieerzeugung)?</li> <li>• Welche Bedeutung haben zunehmende Nutzungskonkurrenzen für die Betriebsführung der Talsperre?</li> <li>• Welche Auswirkungen auf die Ökologie und Gewässerqualität von Talsperren sind zu erwarten?</li> </ul>
Wasserversorgung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Welche Änderungen in der Gewässergüte und -qualität der genutzten Grund- und Oberwasserressourcen sind kurz- und langfristig zu erwarten?</li> <li>• Welche Anforderungen sind für die Aufbereitung und Verteilung des Wassers zu erwarten?</li> <li>• Welche Auswirkungen ergeben sich für die Struktur der wasserversorgenden Betriebe?</li> <li>• Welche Konsequenzen ergeben sich regional, langfristig und saisonal für die quantitative Versorgungssicherheit?</li> </ul>
Siedlungsentwässerung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ist eine Zunahme der Überflutungen im urbanen Raum zu erwarten?</li> <li>• Welche Gefährdungen der Abwasserreinigungsanlagen durch zunehmende Hochwasser sind zu erwarten?</li> <li>• Welche Konsequenzen bestehen hinsichtlich der (biologischen) Reinigungsleistung von Kläranlagen?</li> <li>• Reicht die Spülwirkung der Kanalisation weiterhin aus?</li> </ul>
Hochwasserschutz	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ist mit einer Zunahme der mittleren und extremen Hochwasserabflüsse zu rechnen?</li> <li>• Wie ist mit häufigerem Hochwasser umzugehen?</li> </ul>

## Die Projekte im Klimainnovationsfonds NRW

Im Bereich der Wasserwirtschaft wurden mit Fördergeldern aus dem Klimainnovationsfonds NRW bislang sechs Projekte (siehe Seite 26) mit Bezug zum Klimawandel abgeschlossen. Weitere befinden sich in Bearbeitung.

Sämtliche bereits abgeschlossenen Projekte sind direkt oder indirekt für nahezu alle wasserwirtschaftlichen Handlungsbereiche relevant – etwa die Studien zu Extremwerten von Starkregenereignissen (ExUS), zum Einfluss des Klimawandels auf Grundwasserstände und zu den Auswirkungen des Klimawandels auf das Abflussverhalten in Gewässern (KLAVE). Einige Projekte bieten zudem erste Anpassungsmaßnahmen und Handlungsoptionen für einzelne Handlungsbereiche an.

So liefert etwa die „Untersuchung starkregengefährdeter Gebiete“ mit den erarbeiteten Vorschlägen für Gefahrenkarten ein wichtiges Instrument – unter anderem für die Siedlungsentwässerung und den Hochwasserschutz. Die bereits vorhandenen Hochwassergefahrenkarten könnten um das bisher nicht berücksichtigte Ereignis Überschwemmung durch Starkniederschläge ergänzt werden. Wichtige Erkenntnisse für den Hochwasserschutz und

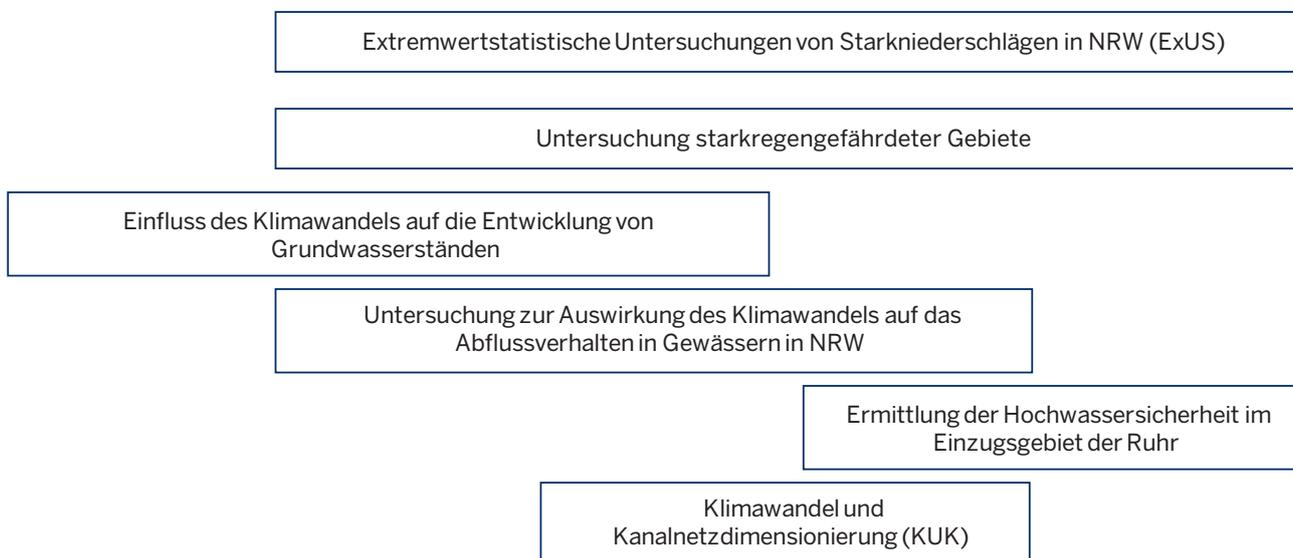
darüber hinaus auch für die Talsperrenbewirtschaftung und die Sicherheit der Wasserversorgung bietet die Untersuchung zur Hochwasserschutzwirkung von Talsperren. Aus den Untersuchungen zur Anpassung der Dimensionierung von Kanalnetzen (KUK) lassen sich Hinweise für den Umgang mit den zu erwartenden Klimafolgen in der Siedlungsentwässerung ableiten.

Über diese Beispiele hinaus sind weitere wasserwirtschaftliche Projekte im Rahmen des Klimainnovationsfonds initiiert worden, die Wissenslücken schließen oder bereits erarbeitete Ergebnisse validieren und regionalisieren:

- Im Bereich der grundlegenden Forschung wird zurzeit im Vorhaben „Simulation konvektiver Niederschläge“ das langzeitliche statistische Verhalten von konvektiven Wolken und ihrem Niederschlag vor dem Hintergrund des globalen Klimawandels untersucht.
- Zur Differenzierung der Ergebnisse aus der Studie „Einfluss des Klimawandels auf die Entwicklung von Grundwasserständen“ werden in einer Folgestudie derzeit Methoden zur detaillierten Abschätzung der Grundwasserstandsentwicklung mithilfe des Bodenwasserhaushaltsmodells GROWA des For-

**Abbildung 10:**  
Die Ergebnisse der einzelnen Klimainnovationsfondsprojekte sind immer für mehrere wasserwirtschaftliche Handlungsbereiche von Bedeutung.

### Relevanz der Projekte für die wasserwirtschaftlichen Handlungsbereiche



## Die Projekte im Klimainnovationsfonds NRW (Bereich Wasserwirtschaft)



### Extremwert-statistische Untersuchungen von Starkniederschlägen in NRW (ExUS)

**Beschreibung:** Mittels statistischer Auswertungen von Niederschlagsdaten aller für Nordrhein-Westfalen relevanten Messstationen und mit Hilfe regionaler Klimaprognosemodelle wurden die Starkniederschläge in NRW von 1950-2008 in Bezug auf mögliche Veränderungen in Dauer, Intensität und Raum sowie die Auswirkungen auf die Eintretenswahrscheinlichkeit analysiert.



### Untersuchung starkregen-gefährdeter Gebiete

**Beschreibung:** Am Beispiel eines Starkregenereignisses in vier urbanen und ländlichen Pilotgebieten im Landkreis Paderborn wurden Methoden und Verfahren zur Berechnung von Fließwegen und Hochwasserereignissen an Hängen zusammengestellt und hinsichtlich ihrer Eignung zur Erstellung von Gefahrenkarten erprobt und gegenübergestellt. Ziel war es, großflächig durch Starkregenereignisse entstehende Überschwemmungsgefahrenzonen in bzw. unterhalb von Hanglagen identifizieren zu können und in Gefahrenkarten auszuweisen.



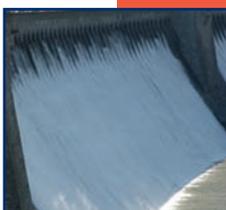
### Einfluss des Klimawandels auf die Entwicklung von Grundwasserständen

**Beschreibung:** Untersucht wurde, inwieweit bereits ein Zusammenhang der Grundwasserstandsentwicklung der Jahre 1970-2008 mit den tatsächlichen klimatischen Entwicklungen nachzuweisen ist und die Ergebnisse mit den regionalen Klimamodellen in Beziehung gesetzt werden können. Basis waren die Grundwasserstandsdaten aus diesem Zeitraum von 416 anthropogen nicht beeinflussbaren Messstellen aus ganz Nordrhein-Westfalen sowie Klimadaten, Sickerwasserraten und Grundwasserstände der Lysimeterstation St. Arnold.



### Untersuchung zur Auswirkung des Klimawandels auf das Abflussverhalten in Gewässern in NRW (KLAVE)

**Beschreibung:** Mit Hilfe des Programmsystems LARSIM wurde für Nordrhein-Westfalen ein Wasserhaushaltsmodell aufgebaut, mit dem die prognostizierten Auswirkungen des Klimawandels auf das Abflussverhalten der wichtigsten Fließgewässer Nordrhein-Westfalens berechnet werden können. Die zukünftigen Entwicklungen wurden durch den Vergleich von Abflüssen des Kontrolllaufs (1997-2000) mit Abflussprognosen auf Grundlage des A1B-Szenarios für die nahe (2021-2050) und die ferne (2071-2100) Zukunft abgeleitet.



### Ermittlung der Hochwassersicherheit im Einzugsgebiet der Ruhr

**Beschreibung:** Im Rahmen dieser Studie wurde überprüft, inwiefern eine ganzjährige Bereitstellung von Hochwasserschutzraum in den Talsperren des Ruhrverbandes zu einer Erweiterung des Hochwasserschutzes im Einzugsgebiet der Ruhr führen kann. Dazu wurden auf Basis historischer Hochwasserereignisse und modellgestützter Langzeitsimulationen zum heutigen und zukünftigen Klimastand die sich ändernden Hochwasserverhältnisse quantifiziert und ihre Auswirkungen auf die Hochwasserschutzwirkung der Talsperren bewertet.



### Klimawandel und Kanalnetzdimensionierung (KUK)

**Beschreibung:** Ziel der Untersuchungen war, die Funktion und Leistungsfähigkeit ausgewählter nordrhein-westfälischer Kanalnetze bei Starkregenereignissen zu analysieren. Auf der Grundlage von Auswertungen langjähriger Niederschlagsreihen und am Beispiel von zwei Überflutungsereignissen, die 2008 im Bergischen Land und am Niederrhein stattgefunden haben, sollten Hinweise zur Dimensionierung der Kanalnetze und ihre Anpassung an die sich häufenden Starkregenereignisse abgeleitet werden.

schungszentrums Jülich entwickelt. Ziel ist es, zukünftig auch zeitweise im Jahr auftretende Mangelsituationen zur Planung von Anpassungsmaßnahmen prognostizieren zu können.

- Im Rahmen der Studie „Veränderung wasserassoziierter Krankheitserreger in den Trinkwasserressourcen NRW unter dem Einfluss des Klimawandels“ werden Anpassungsmaßnahmen für die Trinkwassergewinnung, die Trinkwasseraufbereitung und das Monitoring zur Früherkennung von Verunreinigungen erarbeitet. Die Ergebnisse sind nicht nur von Bedeutung für den wasserwirtschaftlichen Handlungsbereich Wasserversorgung. Sie betreffen auch die Talsperren- und die Gewässerbewirtschaftung als diejenigen Handlungsbereiche, die für die Bereitstellung von Trinkwasserressourcen wichtig sind.
- Auf der Grundlage des Projekts „Klimawandel und Kanalnetzrechnung (KUK)“ wird bis 2011 im Rahmen des Vorhabens „Handlungsoptionen für eine wassersensible Stadtentwicklung in Nordrhein-Westfalen“ untersucht, wie anfällig die kommunalen Kanalnetze in Bezug auf die Folgen des Klimawandels sind. Dafür werden mehrere, über das gesamte Landesgebiet verteilte Starkregenereignisse, deren Folgen sowie Besonderheiten der Einzugsgebiete und Kanalnetze betrachtet, um Ursachen von Überflutungen zu erkennen und zu klassifizieren. Ziel ist es, einen Leitfaden

mit Handlungsoptionen und Empfehlungen für eine wassersensible Stadtentwicklung in Nordrhein-Westfalen zu entwickeln.

- Ein weiteres Vorhaben mit direktem Nutzen auch für Handlungsfelder anderer Sektoren ist die Studie „Auswirkungen des Klimawandels auf Oberflächengewässer als Grundlage für aktuelle und zukünftige Wärmeeinleitung“. Modellierete Prognosen sollen Aufschluss darüber geben, wie sich Wärmeeinleitungen bei einem fortschreitenden Klimawandel auswirken. Die Ergebnisse sind aufgrund ihrer Aussagekraft zu Aspekten der Gewässerökologie vor allem für das Handlungsfeld der Gewässerbewirtschaftung von besonderem Interesse. Aber auch für den Wirtschaftssektor sind sie relevant – vor allem in Bezug auf die zukünftige Ansiedlung von Industrie, die für ihren Anlagenbetrieb Kühlwasser aus den Flüssen entnimmt und das erwärmte Wasser wieder einleitet.
- Neben der Erarbeitung von Maßnahmen und Handlungsoptionen zur Anpassung wird auch der Aspekt des Klimaschutzes in den Projekten des Klimainnovationsfonds berücksichtigt. So wurde im Zuge des Vorhabens „Einfluss der Wetterverhältnisse auf das Emissionsverhalten von Kläranlagen“ erstmals das quantitative Aufkommen gasförmiger, meist klimarelevanter Emissionen aus Kläranlagen systematisch untersucht.

**Wie empfindlich reagieren die Kanalnetze auf den Klimawandel? Das lässt das Land Nordrhein-Westfalen derzeit in einer umfassenden Studie untersuchen.**



Insgesamt bieten die Projekte eine umfassende grundlegende Datenbasis und verschiedene übertragbare Modellszenarien. Darüber hinaus decken sie über spezifische Untersuchungen die Bandbreite der wasserwirtschaftlichen Handlungsfelder ab. Beschreibungen aller Projekte sind auf den Internetseiten des MKULNV zusammengestellt ([www.klimawandel.nrw.de](http://www.klimawandel.nrw.de)).

Die aus den Projekten gewonnenen Erkenntnisse und Handlungsoptionen werden im Folgenden entlang ihrer Bedeutung für die wasserwirtschaftlichen Handlungsbereiche vorgestellt.

**Land unter:**  
In vielen  
wasserwirtschaft-  
lichen Bereichen  
werden Anpassungs-  
maßnahmen an den  
Klimawandel  
notwendig.



## Anpassungsmöglichkeiten für die wasserwirtschaftlichen Handlungsbereiche

Die bisher erzielten Erkenntnisse aus den Klimawandelfolgen für die Wasserwirtschaft werden genutzt, um den Bedarf von Anpassungsmaßnahmen in einzelnen wasserwirtschaftlichen Handlungsfeldern, aber auch Sektoren übergreifend möglichst konkret zu ermitteln und zu bewerten. Nach wie vor bestehen allerdings Unsicherheiten hinsichtlich der Wasserhaushaltsgrößen in den Ergebnissen der regionalen Klimamodelle. Es ist daher erforderlich, flexible Anpassungsmöglichkeiten etwa nach dem „no-regret“-Prinzip ins Auge zu fassen. Unter „no-regret“-Maßnahmen (aus dem Englischen: „ohne Bedauern“) sind Maßnahmen zu verstehen, die auch dann sinnvoll sind, wenn sich der Klimawandel vor Ort stärker oder schwächer auswirkt als angenommen.

Auf den folgenden Seiten werden Ergebnisse bisheriger Forschungsprojekte und mögliche Anpassungsmaßnahmen für die einzelnen wasserwirtschaftlichen Handlungsfelder vorgestellt. Übergreifende Auswirkungen und Zusammenhänge werden im darauffolgenden Kapitel näher beleuchtet.

**„No-regret“-Maßnahmen mindern finanzielle Risiken bei der Anpassung an den Klimawandel**

## Gewässerbewirtschaftung

### Oberflächengewässer

Bei der Bewirtschaftung von Oberflächenwasser sollte neben einer möglichst flexiblen Planung auf eine möglichst naturnahe Gestaltung der Gewässer mit ausreichend breiten Auen und Gewässerquerschnitten geachtet werden. Wichtig sind zudem anpassungsfähige Hochwasserschutzkonzepte sowie Speicher- und Bewirtschaftungsplanungen für Talsperren und Stauanlagen. Die Prüfung der Sensibilität von bestehenden oder geplanten Bauwerken gegenüber höheren Bemessungsgrößen ergänzt dieses Vorgehen. Grundsätzlich empfiehlt es sich, eher von einer Zunahme von Extremereignissen auszugehen und entsprechende Vorsorge- und Bewirtschaftungsmaßnahmen zu ergreifen.

Intensive Starkniederschläge in den Monaten April bis Oktober sind bereits heute die wesentliche Ursache für Bodenerosionen, die zu erheblichen Schäden an landwirtschaftlichen Flächen führen und eine wesentliche Quelle diffuser Stoffeinträge und Trübungsspitzen in Oberflächengewässern sind. Eine vom MKULNV geförderte Untersuchung hinsichtlich des Einflusses des Klimawandels auf die Niederschlagserosivität konnte anhand hoch auflösender Niederschlagsdaten zeigen, dass diese in den letzten Jahrzehnten tendenziell zugenommen hat. Dies betrifft sowohl die Anzahl der Erosionsereignisse als auch deren Intensität. Diese Erosionszunahmen scheinen insbesondere durch

einen vermehrten Grünlandumbruch zum Anbau von Feldfrüchten zu entstehen, der durch die tendenziell steigenden Jahresdurchschnittstemperaturen begünstigt wird. Veränderte Bewirtschaftungsverfahren, topografische Bedingungen (Höhe, Hangneigungen) und die Art der Flächennutzung haben einen wesentlichen Einfluss auf die Erosionszunahme. Die Zunahmen und die in den letzten Jahrzehnten eingetretenen jahreszeitlichen Verschiebungen der Erosivität können aber durch landwirtschaftliche Anpassungsmaßnahmen kompensiert werden, etwa durch eine frühere Aussaat oder durch eine standortangepasste Flächenbewirtschaftung.

Infolge der in Zukunft voraussichtlich häufiger auftretenden und länger anhaltenden sommerlichen Trocken- und Hitzeperioden dürften die Gewässertemperaturen bei Niedrigwasserabflüssen deutlich ansteigen. Diese Temperaturerhöhungen können zu kritischen Situationen in einem Gewässer führen, insbesondere wenn – wie beispielsweise in Rhein, Erft, Lippe und Weser – Kühlwasser oder Wärme aus Bergbau, Kraftwerken und Industrie in relevantem Maß eingeleitet werden. Die Wasserentnahme sowie die Veränderungen der Gewässertemperatur durch Einleitung von großen Wärmemengen sind Eingriffe in den Wasserhaushalt, zu dessen Schutz gesetzliche Einschränkungen vorliegen. Niedrigwassersituationen können in kleineren und mittleren Oberflächengewässern zu deutlich erhöhten Ab-

wasseranteilen und zu einer Aufkonzentration von Wasserinhaltsstoffen führen. Verbunden mit höheren Wassertemperaturen kann eine wesentliche Verschlechterung der Wasserbeschaffenheit und der Gewässerökologie die Folge sein.

### Grundwasser

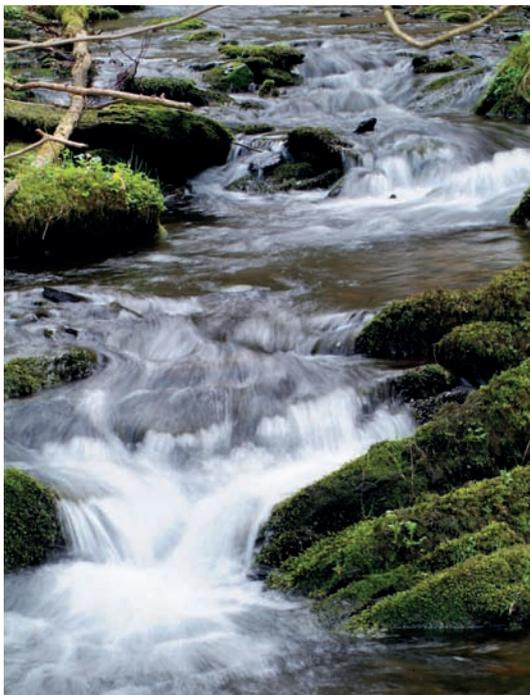
Grundwasserstandsänderungen haben erhebliche Auswirkungen auf den Wasserkreislauf und damit auf wasserwirtschaftliche Handlungsbereiche wie die (Trink-)Wasserversorgung. Steigende Neubildungsraten sind für die Wasserversorgung und den Erhalt grundwasserabhängiger Ökosysteme grundsätzlich positiv einzuschätzen. Je nach den örtlichen Verhältnissen wächst dadurch aber das Risiko möglicher Vernässungsschäden an Gebäuden. Insbesondere in wasserwirtschaftlich beanspruchten Gebieten – beispielsweise durch den Bergbau – kann dies die Situation verschärfen. Relevant für die Beurteilung werden Projektionen zur flächendifferenzierten Entwicklung der langjährigen mittleren Grundwasserneubildungsraten sein.

### Talsperrenbewirtschaftung

Das erwartete höhere Wasserdargebot im Winterhalbjahr sowie höhere Verdunstungsraten bei erhöhten Temperaturen und stärkere Nutzungsansprüche zur Zeit des sommerlichen Niedrigwassers stellen weitergehende Anforderungen an die Bewirtschaftung der Speicher. Konkurrierende Ansprüche, beispielsweise hinsichtlich einer stärkeren auf die Trinkwasserversorgung oder einer auf den Hochwasserschutz ausgerichteten Betriebsweise, werden sich folglich stärker ausprägen. Soll etwa die Wasserversorgung mit größtmöglicher Sicherheit gewährleistet werden, wäre das vorhandene Speichervolumen so weit wie möglich auszunutzen. Damit stünden allerdings geringere Einstaureserven für den Hochwasserschutz zur Verfügung.

In einer früheren Studie konnte für das Ruhrtal-sperrensystem aufgezeigt werden, dass infolge trockenerer Sommer die Ausfallwahrscheinlichkeit dieses Systems hinsichtlich der Unterschreitung eines Mindeststauinhalts und damit der Sicherstellung der überregionalen Wasserversorgung sich im wahrscheinlichsten Klimaszenario bis zum Jahr 2100 deutlich erhöht (statistisches Wiederkehrintervall von 500 auf 200 Jahre). Eine heutige Betriebssicherheit

**Warme Ströme?**  
Durch künftig länger anhaltende Hitzeperioden werden voraussichtlich auch die Temperaturen von Fließgewässern steigen.



könnte theoretisch nur durch eine Verringerung der Mindestabflüsse oder durch die Bereitstellung zusätzlicher Speichervolumina gewährleistet bleiben (Morgenschweis et al. 2006/07).

**Die Hochwasserschutzwirkung von Talsperren bleibt auch bei fortschreitendem Klimawandel erhalten**

Betrachtet man dagegen die Hochwasserschutzwirkung des bestehenden Talsperrensystems, kann unter den zu erwartenden Folgen des Klimawandels von einer nahezu unveränderten Situation ausgegangen werden, wie ein weiteres Vorhaben im Rahmen des Klimainnovationsfonds zur Wirksamkeit der bestehenden Talsperren zeigte. Hieraus ergibt sich, dass unter den getroffenen Annahmen bezüglich des zukünftigen Klimazustands eine Erweiterung der Hochwasserrückhalteräume im Ruhrtalsperrensystem nicht zu einer großräumigen Verbesserung der Hochwasserschutzwirkung der Talsperren führt. Auch die Betriebsweise der Talsperren kann neben dem gewöhnlichen Hochwasserrückhalteraum einen zusätzlichen betrieblichen Freiraum schaffen, der allerdings aufgrund des vorherrschenden Abflussregimes starken saisonalen Schwankungen beziehungsweise einem ausgeprägten Jahresgang unterliegt.

Ziel der Maßnahmen in Bezug auf die Talsperren im Ruhrtalsperrensystem muss es sein, die Hochwasserschutzräume festzulegen und zu optimieren, dabei aber gleichzeitig die Sicherstellung der Wasserversorgung zu gewährleisten.

**Bollwerk mit mehrfachem Nutzen: Talsperren schützen vor Hochwasser, liefern Strom und stellen die Trinkwasserversorgung sicher.**



## Wasserversorgung

Tendenziell steht die Wasserversorgung zunehmend veränderlichen Randbedingungen gegenüber. Auf der einen Seite sind dies die klimatischen Änderungen, die regional und je nach genutzter Wasserressource zu einer unterschiedlichen Dynamik führen. Auf der anderen Seite steht die demografische Entwicklung und damit verknüpfte Wasserbedarfsänderungen. Dieser Dynamik steht eine vergleichsweise inflexible Wasserinfrastruktur gegenüber. Gewinnungsanlagen, Verteilungsnetze und sonstige technische Anlagen binden hohe Investitionssummen, die über lange Nutzungsdauern von 50 bis 100 Jahren abgeschrieben werden. Ein Ziel für den Umgang mit dem Klimawandel kann es daher auch sein, bestehende Infrastruktursysteme sowie ihre technisch mögliche Nutzungsdauer zu prüfen und gegebenenfalls weitere Aspekte (zum Beispiel die Entwicklung von Bevölkerung, Transportkapazitäten) bei Investitionen zu berücksichtigen.

Aufgrund der Heterogenität der Trends der Grundwasserstände und fehlender regionaler Muster zeichnen sich aus den Forschungsvorhaben noch keine eindeutigen Auswirkungen des Klimawandels auf die der Wasserversorgung zur Verfügung stehenden Grundwasserressourcen und nutzbaren Dargebotsmengen ab. Stattdessen dürften bei der Bewirtschaftung der Grundwasserressourcen eher langfristige, aber dafür irreversible Entwicklungen – wie beispielsweise die Nitratproblematik – zunehmend relevant werden.

Wassergewinnungsanlagen, die Uferfiltrat oder Flusswasser zur Anreicherung von Grundwasser einsetzen, sind eher von klimabedingten Änderungen in der Wasserführung, aber auch von Güteänderungen in den genutzten Gewässern betroffen. Beeinträchtigungen der Güte können sich durch höhere Abwasseranteile bei Niedrigwasserphasen, aber auch durch erhöhte Trübungen und Nährstoffkonzentrationen bei Hochwasserereignissen ergeben.

Um den potenziellen Gefährdungen durch den Klimawandel der (Trink-)Wasserversorgung zu begegnen, bestehen verschiedene Handlungsoptionen. So bedarf es beispielsweise präziserer Wasserbedarfsprognosen – auch unter Berücksichtigung weiterer Zukunftsfaktoren wie der wirtschaftlichen und der demografischen

**Klare Sache:**  
Die hohe Qualität des Trinkwassers zu erhalten ist eine der wichtigsten Aufgaben im Rahmen der Anpassung an den Klimawandel.



Entwicklung, die eine regional differenzierte Sicherstellung der Wasserversorgung erlauben.

**Trinkwassergewinnungsanlagen vor Hochwasserschäden schützen**

An Fließgewässern liegende und von Überflutungen bedrohte Trinkwassergewinnungs- und Aufbereitungsanlagen bedürfen unter Umständen eines verbesserten Hochwasserschutzes. Die Brunnen lokaler Eigenwasserversorgungen müssen bei fallenden Grundwasserspiegeln eventuell tiefer gebohrt werden. Erhöhte Stoffeinträge in die Gewässer (zum Beispiel Nitrat) als Folge veränderter Flächennutzungskonzepte in der Landwirtschaft erfordern gegebenenfalls neue oder erweiterte Wasseraufbereitungskonzepte, innovative Strategien zur Flächenextensivierung oder veränderte Managementkonzepte zur weiteren Vernetzung von Trinkwassergewinnungsgebieten.

Die Gefährdung des Rohwassers von Talsperren und der für die Trinkwasserversorgung relevanten Flüsse durch Krankheitserreger kann durch den Klimawandel zunehmen, wenn die entsprechenden Voraussetzungen und Belastungsfaktoren vorhanden sind. Mögliche Auswirkungen und Gefährdungen sowie Anpassungsmaßnahmen werden in einer Studie derzeit untersucht.

## Siedlungsentwässerung

Die lokal auftretenden Starkregenereignisse der jüngsten Vergangenheit, in deren Folge das städtische Kanalnetz die abfließenden Wassermengen nicht abführen konnte und es zu großflächigen Überschwemmungen in nordrhein-westfälischen Städten kam, geben einen Eindruck, welche Auswirkungen die erwarteten Klimaveränderungen in Zukunft haben könnten. Eine wesentliche Aufgabe für Siedlungsentwässerung liegt deshalb heute darin, zukünftige Leitungen und Bauwerke unter fortdauernder Unsicherheit über zukünftige Klimaänderungen zu bemessen, das heißt eine gewisse Bandbreite möglicher Klimaveränderungen in den Planungs- und Abstimmungsprozess einzubeziehen.

Ob es infolge von Starkregenereignissen zu Überflutungen und urbanen Sturzfluten in Siedlungs- und Kulturflächen kommt, hängt im Wesentlichen von der örtlichen, kleinräumlichen Topografie des Gebiets und von der Leistungsfähigkeit der vorhandenen Entwässerungssysteme ab. Die Untersuchung starkregengefährdeter Gebiete hat gezeigt, dass insbesondere die Faktoren Höhenverhältnisse, Flächenverdichtungsgrad, Hangneigungen und das Vorhandensein von Fließwegen und natürlichen Abflüssen von Flächen erste Anhaltspunkte liefern, welche Gefahrenpotenziale in einem Bereich vorliegen und welche abflussrelevanten Strukturen in gekoppelte Niederschlag-Abfluss- und hydraulische Modelle eingehen müssen. Die komplexen Prozesse bei der Entstehung von Überschwemmungen und Sturzfluten erfordern deshalb immer die Betrachtung des jeweiligen Einzelfalls, damit realistische Starkregengefahrenkarten erstellt werden können. Auch eine detaillierte Simulation der voraussichtlichen Abflusswege und -mengen setzt immer eine entsprechend aufwändige Detailbetrachtung der hydrologischen, topografischen und hydraulisch wirksamen Parameter voraus.

Der Vergleich der angewandten Methoden zur Berechnung der Abflüsse und Überschwemmungshöhen ergab, dass die Anwendbarkeit jeder Methode stark von der jeweiligen Verfügbarkeit und Qualität der Eingangsdaten für das jeweils betrachtete Gebiet abhängig ist. Hier bietet es sich an, die Plausibilität der Ergebnisse durch Anwendung mehrerer Berech-



**Geregelter Abfluss:  
Leistungsfähige Ent-  
wässerungssysteme  
helfen bei der  
Bewältigung klima-  
bedingter Stark-  
regenereignisse.**

nungsmethoden mit möglichst unabhängigen Informationsgrundlagen sicherzustellen.

Es erscheint zudem empfehlenswert, Starkregenereignisse und deren Auswirkungen mit Bildern, Berichten und Messergebnissen in kommunalen oder regionalen Ereignisdatenbanken zu dokumentieren. Insgesamt hängen die Erstellung von aussagekräftigen Gefahrenkarten und die realistische Bewertung von Risiken und potenziellen Schäden aber vor allem von vorhandenen Gebietsdaten ab, die den Anforderungen nicht immer genügen.

Detaillierte Aussagen zum Niederschlagsgeschehen auf Grundlage regionaler Klimamodelle sind aufgrund ihrer zu geringen räumlichen und zeitlichen Auflösung derzeit nicht möglich. Aus Modellaussagen sind deshalb noch keine belastbaren Hinweise für eine vorausschauende Anpassung der Bemessungsgrundlagen von Entwässerungssystemen ableitbar. Analysen des Netzverhaltens im Bereich örtlicher Starkregen beziehungsweise der resultierenden Überflutungen mit Hilfe von hydrodynamischen Kanalnetzmodellen belegen aber, dass ein einfacher Überstaunachweis zukünftig nicht mehr ausreichend sein wird, um die „Hotspots“ im Kanalnetz aufzuzeigen.

Die genauen Klimaauswirkungen im Planungsraum „Siedlungsentwässerung“ sind bislang nicht bekannt. Daher sollte das Regelwerk für Entwässerungssysteme und für die damit verbundenen Systemelemente im Rahmen der geplanten Überarbeitungen weiter hinterfragt und

um konkrete Hilfestellungen zur Durchführung von Überflutungs- und Risikobetrachtungen sowie den Umgang mit Unsicherheiten von Grundlagendaten ergänzt werden.

Nicht zuletzt zur Begegnung dieser Gefahren und Unsicherheiten sind in Nordrhein-Westfalen bereits in den vergangenen Jahren verschiedene Programme und rechtliche Instrumentarien eingeleitet worden. Diese betreffen unter anderem die ortsnahe Niederschlagsversickerung beziehungsweise die Einleitung in Oberflächengewässer, die Aufstellung und Umsetzung von Niederschlagswasserbeseitigungskonzepten oder Dichtheitsprüfungen von Abwasseranlagen zur Reduktion des Fremdwasseranteils (MUNLV NRW 2009 a). Mögliche Lösungsansätze bestehen weiterhin in einer sorgfältigen Analyse sowohl der realistischen Leistungsfähigkeit bestehender Entwässerungssysteme als auch von Neu-, Erweiterungs- und Sanierungsplanungen. Durch Kombination des Überstaunachweises, einer Überflutungsbetrachtung und einer Risikoanalyse für entwässerungstechnisch kritische Gebiete lassen sich Schwachpunkte und Leistungsreserven eines Kanalnetzes ermitteln. Gleichzeitig wird der Ausweisung oder dem Bau von temporären Zwischenspeichern und Notwasserwegen zur gefahrlosen Speicherung oder Abführung von Niederschlagswasser im öffentlichen Raum und auf Privatgrundstücken zukünftig besondere Bedeutung zukommen.

Bereits eingeleitete Maßnahmen zur Entlastung der Abwasseranlagen wie die Versickerung, Rückhaltung oder Nutzung von Niederschlagswasser sowie die Flächenentsiegelung in Ballungsräumen sollten zukünftig ergänzt werden durch flexiblere Steuerungsmöglichkeiten der vorhandenen Infrastruktur (MUNLV 2009a).

Zukünftig werden nur eine integrierte, zeitgleiche städtebauliche und entwässerungstechnische Planung und Entwicklung geeignet sein, den Risiken und Unsicherheiten für das Gesamtsystem Siedlungsraum zu begegnen. Solche verzahnten Maßnahmenplanungen der Stadt- und Freiraumplanung, Verkehrsflächen, Siedlungsentwässerung und individueller Objektschutz erfordern damit auch abgestimmte und abgesicherte Finanzierungen und die Klärung von Haftungsfragen.

## Hochwasserschutz

Aufgrund der projizierten Zunahme der Niederschläge und Abflüsse in den Wintermonaten sind die Voraussetzungen für mehr Hochwasserereignisse grundsätzlich erfüllt. Die Veränderungen der mittleren Hochwasserverhältnisse lassen aber noch keine zwingenden Schlüsse auf die Ereignisse seltener Jährlichkeiten (Häufigkeit des Eintretens eines Hochwasserereignisses innerhalb einer bestimmten Zeit) und damit auf erforderliche Anpassungen der Bemessungsgrundlagen zu.

bane Sturzfluten und Überschwemmungen infolge von Extremniederschlägen besteht. Besonders gefährdet sind solche Flächen, in denen sich beide Gefahren überlagern. Hier gilt es, Anpassungsmaßnahmen baldmöglichst umzusetzen.

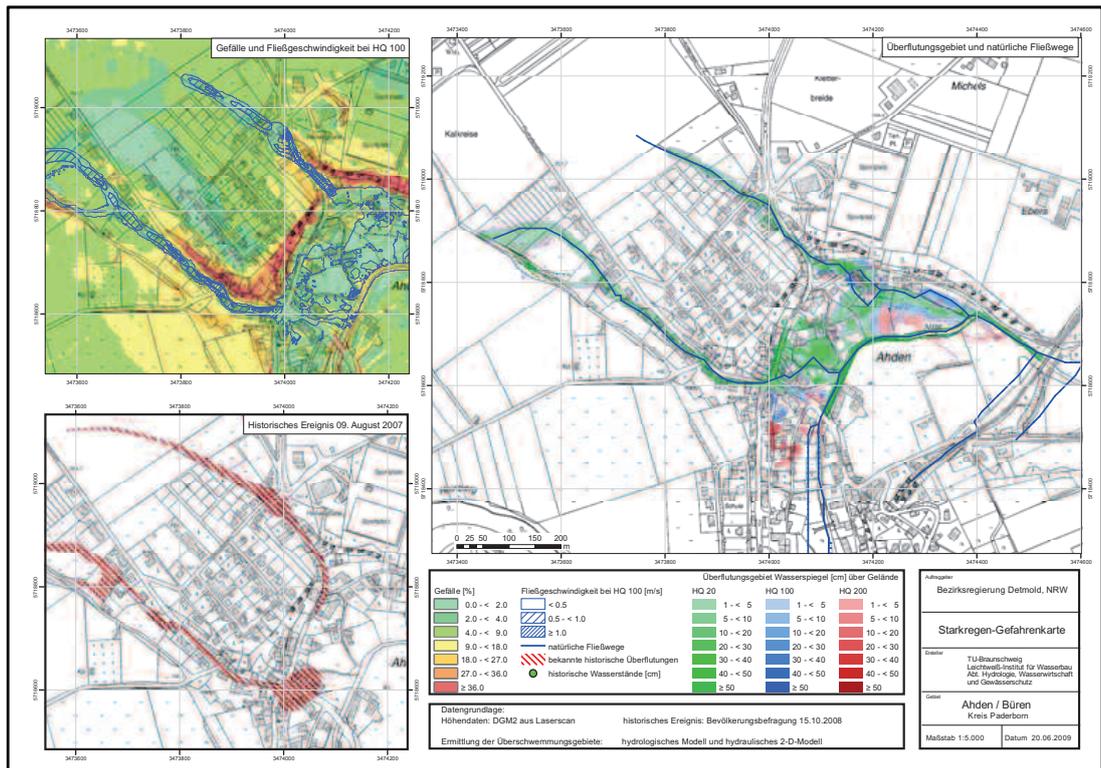
Potenzielle Anpassungsmaßnahmen erstrecken sich über das gesamte Spektrum des Hochwasserrisikomanagements vom natürlichen Rückhalt in Gewässern oder ausgewiesenen Retentionsräumen über planerische Vorsorgemaßnahmen wie die Erstellung von Risikokarten und Hochwasserschutzplänen bis hin zum technischen Hochwasserschutz. So sollten Hochwasserschutzdeiche und Rückhaltebecken ertüchtigt oder neu gebaut werden.

Aufgrund der Unsicherheiten hinsichtlich der Wasserhaushaltsgrößen in den regionalen Klimamodellen erscheint eine pauschale Berücksichtigung des Klimawandels im Zuge von Neuplanungen oder Sanierungen von Hochwasserschutzanlagen nicht zielführend. Empfohlen wird, die Sensibilität entsprechender Planungen gegenüber höheren Bemessungsgrößen zu ermitteln, flexible Anpassungen einzuplanen und die vorliegenden Erkenntnisse der Lastfälle „Extremes Hochwasser“ der Hochwasseraktionspläne und -gefahrenkarten in NRW zu nutzen.

**Extremereignisse werden bereits beim Hochwasserschutz berücksichtigt**

In die Planungen nach dem Hochwasserschutzkonzept Nordrhein-Westfalens werden derartige Extremereignisse bereits einbezogen. Bei der Erarbeitung von Hochwasseraktionsplänen und Hochwassergefahrenkarten werden extreme Hochwasserszenarien beachtet und Handlungsoptionen aufgezeigt. So wie für den Rhein die geschützten, aber potenziell gefährdeten Bereiche für ein 100-jährliches, 200-jährliches und 500-jährliches Hochwasser bekannt sind, werden auch für viele andere Flüsse die Auswirkungen eines Hochwassers, welches den 100-jährlichen Abfluss übersteigt, erarbeitet und zum Beispiel in NRW-Hochwassergefahrenkarten berücksichtigt. Hochwassergefahrenkarten sollten ergänzend auch starkregengefährdete Bereiche darstellen, in denen ein erhöhtes Risiko für ur-

**Abbildung 11:**  
Beispiel für eine Gefahrenkarte für die Stadt Delbrück.  
(Quelle: Anhang zum Bericht Starkregengefährdete Gebiete, Gefahrenkarte Delbrück)



Neben proaktiven „no-regret“-Maßnahmen wie der Ausweisung von Überschwemmungsgebieten sollten zunehmend flexible Anpassungen bei Bau und Betrieb von Hochwasserschutzzeirichtungen planerisch vorgesehen werden.

**Europäische Union unterstützt bei der Bewertung von Hochwasserrisiken**

Auch die Umsetzung der dreistufigen EU-Hochwasserrisiko-Managementrichtlinie bis 2011 beziehungsweise 2015 unterstützt durch ihren flächendeckenden Ansatz zur vorläufigen Bewertung von Hochwasserrisiken, der Erstellung von Hochwassergefahren- und Risikokarten sowie der Erarbeitung von Plänen für das Hochwasserrisiko-Management die Optimierung von Handlungsoptionen im vorbeugenden Gewässerschutz (MUNLV NRW 2009a).

Neben den aus der projizierten Zunahme von Hochwasserereignissen resultierenden Überflutungsgefahren müssen auch die Auswirkungen auf Gewässergüte und – unter Umständen – die Wasserqualität berücksichtigt werden. Ein häufigeres Auftreten extremer Hochwasserereignisse kann durch die Umlagerung kontaminierter Sedimente, die Überflutung von Industrie- oder Kläranlagen oder auch privater Heizöltanks zu erhöhten Schadstoffeinträgen in die Gewässer führen. Ebenso sind im Zuge intensiverer Starkniederschläge erhöhte erosionsbedingte Stoffeinträge zu erwarten, die zu höheren Nährstoff- und Trübstofffrachten führen.

**Schutzraum: Deiche an Fließgewässern beugen Hochwasserschäden vor.**



## Übergreifende Auswirkungen und Zusammenhänge

Die wasserwirtschaftlichen Maßnahmen, die zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels oder deren Minderung ergriffen werden, haben Auswirkungen auf die Handlungsbereiche mehrerer Sektoren, wie beispielsweise die Land- und Forstwirtschaft, Städte und Ballungsräume oder die Wirtschaft.

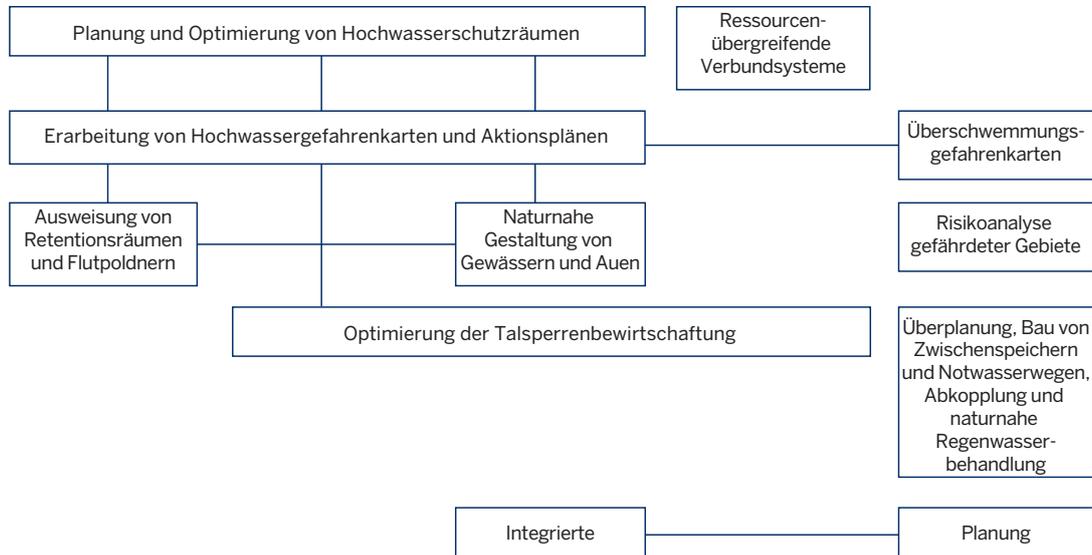
Werden beispielsweise die Einleitungen von erwärmtem Kühlwasser oder Brauchwasser aus dem Produktionsprozess eingeschränkt, fördert dies die Ziele des Natur- und Umweltschutzes, bedingt aber zeitgleich, dass die Industrie Maßnahmen treffen muss, um sich an die neuen Gegebenheiten anzupassen. Es ist empfehlenswert, dass Stadtplanung und Verwaltung ihre Maßnahmen – etwa zur Vermeidung von Hitzeinseln in der Stadt – durch die Errichtung offener Wasserflächen mit den Akteuren der Siedlungsentwässerung, Wasserversorgung und des Hochwasserschutzes abstimmen.

Deutlich wurden die vielschichtigen Verflechtungen bereits in der Vorstellung der wasserwirtschaftlichen Projekte in Kapitel 3. Umgekehrt berühren weitere Projekte, die im Rahmen des Klimainnovationsfonds innerhalb anderer Sektoren durchgeführt wurden und werden, wasserwirtschaftliche Handlungsbereiche.

So sind die Ergebnisse aus dem Projekt „Modellierung des Wasserhaushalts für ein bewaldetes Wassereinzugsgebiet“ nicht nur für die Land- und Forstwirtschaft von Interesse. Hier wird für ein bewaldetes Wassereinzugsgebiet in der montanen Höhenzone (im Mittelgebirgen 450-1.500 Meter über NN) des östlichen Sauerlands untersucht, welche Auswirkungen der Klimawandel auf den forstlichen Wasserhaushalt besitzt. Dafür werden Bilanzkomponenten des Wasserhaushalts wie Transpiration und Versickerung berechnet und Wasservorratsänderungen im durchwurzelten Bodenprofil sowie Ausmaß und Dauer von Trockenphasen bewertet. Insbesondere die Erkenntnisse zur Versickerung sind auch für die Grundwasserbewirtschaftung oder die Abschätzungen der Abflussraten für die Siedlungsentwässerung sowie die Stadtplanung interessant.

**Handlungsoptionen zur Anpassung an den Klimawandel in den wasserwirtschaftlichen Handlungsbereichen – Ausgewählte Beispiele für Wirkungszusammenhänge –**

**Abbildung 12:**  
Die in den Projekten erarbeiteten Handlungsoptionen sind für mehrere wasserwirtschaftliche Handlungsbereiche relevant (beispielhafte, schematische Darstellung).



Ein weiteres Beispiel ist das nordrhein-westfälische „Handbuch Stadtklima – Maßnahmen und Handlungskonzepte für Städte und Ballungsräume zur Anpassung an den Klimawandel“. Das Handbuch informiert bezogen auf das Ruhrgebiet über Grundlagen der Stadtklimatologie, der Wasserwirtschaft und den regionalen Klimawandel. Darüber hinaus werden Hilfestellungen für das frühzeitige Erkennen und Identifizieren von Problemgebieten gegeben und konkrete Lösungswege aufgezeigt. Die Ergebnisse des Handbuchs werden derzeit im Projekt „Klimawandelgerechte Metropole Köln“ aufgegriffen. Ziel ist es, Planungsempfehlungen zur Anpassung der Stadt Köln an den Klimawandel bis hin zu einer klimaverträglichen Metropole zu erarbeiten und damit die Großstadt als lebens-

werte und attraktive Heimat beizubehalten. Beide Projekte richten sich in erster Linie an kommunale Planer und Verwaltungen. Indirekt werden aber auch die Akteure der Siedlungsentwässerung angesprochen, so dass die Ergebnisse des Handbuchs Stadtklima auch in das Projekt „Handlungsoptionen für eine wassersensible Stadtentwicklung in Nordrhein-Westfalen“ einfließen werden.

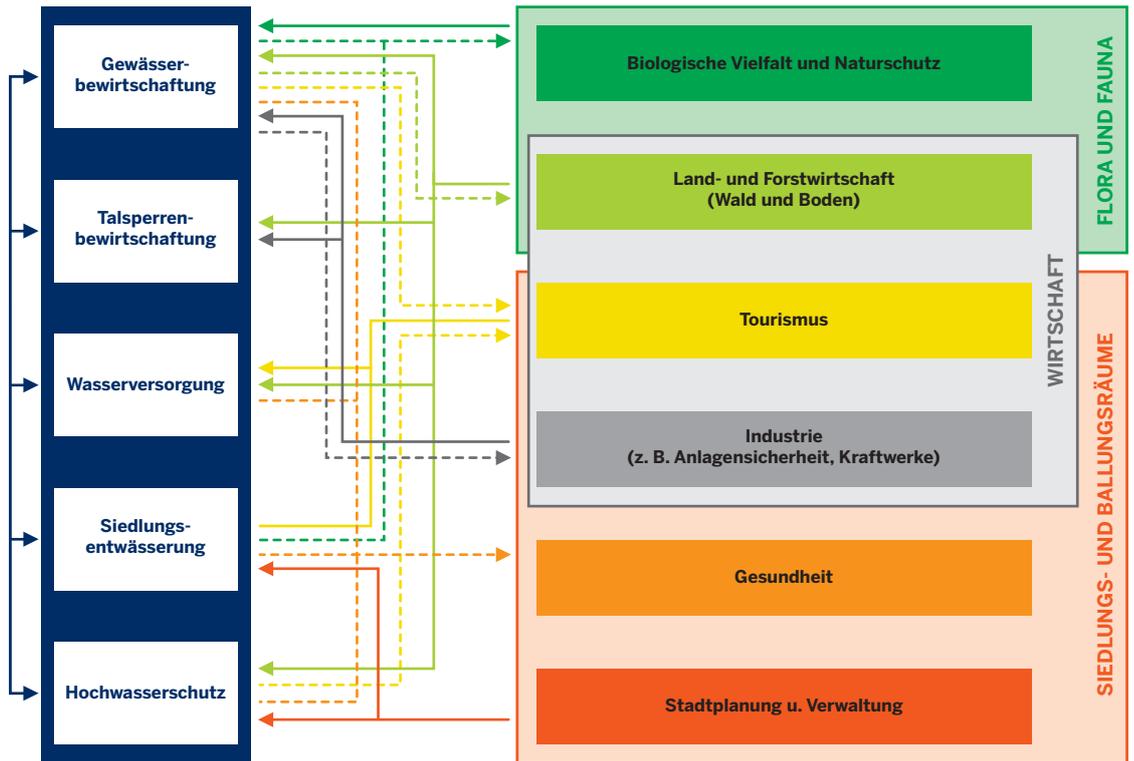
Abgeschlossen ist auch das Forschungsvorhaben „Einfluss des globalen Klimawandels auf die räumliche und zeitliche Variabilität der Niederschlagserosivität in NRW“. Auf der Grundlage von Auswertungen hoch aufgelöster Niederschlagsdaten, die in bis zu 70 Jahren an über 60 Messstationen ermittelt wurden, erstellten die Forscher eine Trendanalyse zur potenziellen Fähigkeit von Wasser, Erosionen auszulösen (Regenerosivität), und deren räumlicher Verteilung in Nordrhein-Westfalen. Die Studie, in welche die Ergebnisse aus dem Vorhaben ExUS eingeflossen sind, ist insbesondere für die Landwirtschaft und für die Gewässerbewirtschaftung von Bedeutung. Synergien ergeben sich ebenfalls für die Stadtplanung, da von Hangerosionen gefährdete Gebäude und Verkehrseinrichtungen identifiziert werden können.

Synergien zwischen den wasserwirtschaftlichen und den in anderen Sektoren durchgeführten Projekten bieten sich zudem im Bereich der

**Stadt, Land, Fluss: Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel wirken sich häufig auf mehrere Sektoren aus.**



Abbildung 13:  
Die Handlungsbereiche der Wasserwirtschaft und anderer Lebens- und Umweltsektoren sind vielfältig miteinander vernetzt (beispielhafte Darstellung).



Wirtschaft. So untersucht die Studie zu den Auswirkungen des Klimawandels auf gefährliche Industrieanlagen die Sicherheit von Industrieanlagen vor dem Hintergrund möglicher Zunahmen von Extremwetterereignissen wie Starkregen und Hitzewellen. Einerseits bieten die Projekte „ExUS“ und „Untersuchung von starkregengefährdeten Gebieten“ wichtige Grundlagen für die Studie. Auf der anderen Seite sind die Ergebnisse der Studie auch für die Gewässerbewirtschaftung von Interesse.

**Starkregen im Fokus: Im NRW-Projekt ExUS wurde untersucht, ob zukünftig häufiger mit extremen Niederschlägen zu rechnen ist.**

Ein weiteres Forschungsvorhaben, das sowohl für die Industrie als auch für die Gewässerbewirtschaftung von Bedeutung ist, ist die „Studie

zu den Auswirkungen des Klimawandels auf Oberflächengewässer als Grundlage für aktuelle und zukünftige Wärmeableitungen“. Vor allem für die Energiewirtschaft ist diese Studie von Interesse, da ihre Kraftwerke auf Kühlwasser aus den Flüssen angewiesen sind.

Wie vielfältig die Verflechtungen zwischen den einzelnen wasserwirtschaftlichen Handlungsbereichen und den weiteren Sektoren sind, zeigt beispielhaft Abbildung 13.

Die Ergebnisse dieser Projekte, die primär die Frage nach den Klimawandelfolgen und Möglichkeiten zur Anpassung in dem jeweiligen Sektor aufgreifen, werden nach und nach mit den Ergebnissen aus den wasserwirtschaftlichen Projekten zusammengeführt, um Synergien zu nutzen und Zielkonflikte zu vermeiden.



## Vernetzung der Projekte im nationalen und internationalen Forschungskontext

Der Klimawandel macht nicht vor den Landesgrenzen halt. Eine enge Zusammenarbeit mit den Nachbarländern hat daher in Nordrhein-Westfalen Priorität.

Die Initiativen und Aktivitäten des Landes Nordrhein-Westfalen, die sich mit der Anpassung der Wasserwirtschaft an den Klimawandel beschäftigen, finden nicht nur in enger Zusammenarbeit mit den Akteuren der Wasserwirtschaft statt. Durch kontinuierliche Beobachtung der nationalen und internationalen Forschungsaktivitäten werden für Nordrhein-Westfalen auch relevante Ergebnisse aus Untersuchungen und Projekten in die Erarbeitung integrierter Anpassungsstrategien des Landes einbezogen, die im Rahmen von Förderungen des Bundes und der EU durchgeführt wurden und werden. Doppelförderungen und -arbeiten können so vermieden werden. Zudem sind die Aktivitäten des Landes in den deutschen und europäischen Gesamtrahmen eingebettet. Das heißt, dass alle Ergebnisse, die in den Projekten erarbeitet werden und auf andere Regionen übertragbar sind, direkt oder indirekt sowohl in die Deutsche Anpassungsstrategie als auch in die Empfehlungen der EU einfließen. Die Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel (DAS) wurde im Dezember 2008 durch das Bundeskabinett beschlossen. Sie stellt die Aktivitäten des Bundes zu dieser Thematik dar und gibt eine Orientierung für Akteure der Bundesländer und andere gesellschaftliche Gruppen.

**Ergebnisse von NRW-Projekten fließen in die Deutsche Anpassungsstrategie ein**

**Gut vernetzt: Nordrhein-Westfalen kooperiert im Bereich Anpassung mit Partnern aus ganz Europa.**

Auf europäischer Ebene wurde das Thema Anpassung an den Klimawandel in die Fortschreibung des Europäischen Klimaänderungsprogramms (ECCP II) integriert. Mit dem „Weißbuch Anpassung an den Klimawandel: ein europäischer Aktionsrahmen“ hat die EU-Kommission im April 2009 ihre Vorschläge für ein gemeinschaftliches Vorgehen und eine Strategie zur Einbindung der Thematik in relevante Politikbereiche vorgelegt. Zusätzlich werden im Rahmen des Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) in den Zielen 1 und 2 der Gemeinschaftsinitiativen zur grenzübergreifenden, transnationalen und interregionalen Zusammenarbeit (INTERREG) verschiedene Projekte zum Thema Anpassung an den Klimawandel gefördert.

Einige der national und international initiierten Programme entwickeln und betreiben Pilotprojekte in nordrhein-westfälischen Regionen. Damit berücksichtigen sie die besonderen regionalen Gegebenheiten und die gewonnenen Erkenntnisse und Erfahrungen können direkt für Nordrhein-Westfalen genutzt werden.

- Die Stadt Bottrop und die Flussgebiete Emscher und Lippe sind drei von neun Pilotgebieten im Rahmen des INTERREG IVB-Projekts „Future Cities“. Wasser- und Planungsverbände, Stadtverwaltungen und Projektentwicklungsgesellschaften aus England, den Niederlanden, Frankreich, Belgien und Deutschland erarbeiten hier zusammen Anpassungskonzepte und praktische Umsetzungsstrategien, wie urbane Lebensumwelten zukünftig klimarobust gestaltet werden können.
- Das im Rahmen von KLIMZUG (Fördermaßnahme des BMBF) geförderte Netzwerk- und Forschungsprojekt dynamik – Dynamische Anpassung regionaler Planungs- und Entwicklungsprozesse an die Auswirkungen des Klimawandels in der Emscher-Lippe-Region (Ruhrgebiet) – leistet einen Beitrag zur integrierten proaktiven Anpassung von Bevölke-



rung, Wirtschaft und Kommunen. Rund um den Schwerpunkt der Wasserwirtschaft werden Maßnahmen und Handlungsoptionen für mehrere Handlungsbereiche unterschiedlicher Sektoren entwickelt und in der Roadmap 2020 zusammengeführt. Prognosen von Gewässerneubildung und des Wasserbedarfs sowie Qualitätsveränderungen des Oberflächenwassers in der Lippe gehören ebenso zum Portfolio wie langzeitliche statistische Untersuchungen von Hitzeinseln in der Pilotstadt Oberhausen.

- Im Projekt NAUWA – Nachhaltige Weiterentwicklung urbaner Wasserinfrastrukturen – werden in vier nordrhein-westfälischen Pilotkommunen (Gelsenkirchen, Lünen, Velbert und Wachtenberg) seit 2009 Lösungsansätze für eine nachhaltige Weiterentwicklung urbaner Wasserinfrastruktursysteme unter sich stark ändernden Randbedingungen erarbeitet. Berücksichtigt werden hier insbesondere die Dynamik und die regionalen Besonderheiten der Prozesse, die durch die prognostizierten komplexen Veränderungen angestoßen werden und auf eine eher starre und wenig flexible Wasserinfrastruktur treffen.
- Belgien, Frankreich, Deutschland, Luxemburg und die Niederlande haben sich in der Internationalen Kommission der Maas (IMC)

zusammengeschlossen, die 2002 zur Koordination der Umsetzung der EG-WRRRL (2000/60/EC) gegründet wurde.

- In dem Projekt AMICE, welches anteilig durch das MKULNV gefördert wurde, werden neben hydrologischen Szenarien auch Maßnahmen für den natürlichen Wasserrückhalt erarbeitet und die Hochwasserschutzwirkungen von Talsperren untersucht. Darüber hinaus wird eine Software für das Hochwasser-Krisenmanagement erstellt, die auch für Nordrhein-Westfalen von Interesse ist.
- Die Untersuchungen, die für die Erstellung der Planungsempfehlungen im Projekt „Klimawandelgerechte Metropole Köln“ durchgeführt werden, können neben den Ergebnissen aus dem Handbuch Stadtklima auch durch diverse Fallstudien aus dem 2008 abgeschlossenen BMBF-Projekt URBAS (Urbane Sturzfluten) ergänzt werden. In URBAS wurden Überlastungsereignisse von Stadtentwässerungssystemen erstmalig vollständig erfasst und ausgewertet.
- Ebenso ergänzen können die anwenderorientierten Konzepte zur Trendbewertung und -anpassung, die im Projekt RegioexAKT – Regionales Risiko konvektiver Extremwetterereignisse – von 2006-2009 erarbeitet wurden, sowie Ergebnisse aus dem Projekt „KlimaNet

**Das gemeinsame Ziel vor Augen: Nur mit internationalen Kooperationen kann es gelingen die Folgen des Klimawandels zu beherrschen.**



– Wassersensible Stadtentwicklung“, welches im März 2010 abgeschlossen wurde. Beide Projekte wurden im vom BMBF geförderten Projektverbund klimazwei realisiert.

- Ein weiteres Projekt, das seinen Aktionsraum teilweise in Nordrhein-Westfalen hat, ist KLIWAS (Auswirkungen des Klimawandels auf Wasserstraßen und Schifffahrt in Deutschland). Hier werden bundesweit Klimaprojektionen für den Wirkungsbereich Wasserstraße und Schifffahrt validiert und bewertet, Veränderungen im hydrologischen System von Binnengewässern erfasst und der Einfluss des Klimawandels auf Struktur, ökologische Integrität und Bewirtschaftung der Binnenwasserstraßen untersucht. Die Schlussfolgerungen, unter anderem zur Gewässerökologie oder zum Hochwasserschutz diverser Teilprojekte sind für andere Gewässer ableitbar.
- Für Nordrhein-Westfalen relevante Ergebnisse im wasserwirtschaftlichen Handlungsbereich Hochwasser wurden auch im Projekt „Rheinblick 2050“ erarbeitet, welches die Auswirkung meteorologischer Extremereignisse in den Rhein-Regionen untersucht hat. Darüber hinaus sind auf der Grundlage eines Übereinkommens zum Schutz des Rheins Regierungsvertreter der fünf Rheinanliegerstaaten Frankreich, Deutschland, Luxemburg, Niederlande und Schweiz sowie die Europäische Gemeinschaft im Rahmen der Internationalen Kommission zum Schutz des Rheins (IKSR) ständig mit der hydrologischen Situation des Rheins befasst.
- Baden-Württemberg, Bayern und Rheinland-Pfalz erarbeiten in einer Kooperation mit dem DWD (Deutscher Wetterdienst) im Rahmen von KLIWA (Klimaveränderung und Konsequenzen für die Wasserwirtschaft) eine zukunftsorientierte, nachhaltige wasserwirtschaftliche Handlungsstrategie. Dafür wurden seit 1999 umfangreiche grundlegende Daten erhoben und analysiert, die die Bewertung der künftigen Entwicklungen des Wasserhaushaltes und das Erkennen möglicher Risiken und Gefahren sowie die Erarbeitung zukunftsorientierter und nachhaltiger wasserwirtschaftlicher Handlungsstrategien ermöglichen.
- Ein Gremium, das auf internationaler Ebene den Erfahrungsaustausch vorantreibt, Wissen bündelt und Unterstützung bietet, ist das Umweltnetzwerk Environmental Conference of Regions of Europe (ENCORE). Auf der Basis von Arbeitsgruppen fördert es die politische Kooperation regionaler Umweltminister der EU, um die Effektivität der europäischen Umweltpolitik zu erhöhen sowie die Steuerung umweltrelevanter Belange zu verbessern und die nachhaltige Entwicklung in den europäischen Regionen voranzutreiben. Seit 2004 hat das Land Nordrhein-Westfalen den Vorsitz der ENCORE-Arbeitsgruppe Klimawandel. Mit der Einrichtung eines Internetauftritts ([www.regional-climate.eu](http://www.regional-climate.eu)) sowie der Durchführung eines internationalen Symposiums zum Thema „Regionale Anpassungsstrategien an den Klimawandel“ in Düsseldorf hat das Land Nordrhein-Westfalen wichtige Impulse für einen europaweiten Erfahrungsaustausch zum Thema Klimawandel und Klimaanpassung gegeben.



**Vorzeigeprojekt:  
Nordrhein-Westfalen  
hat seit 2004 den  
Vorsitz in der  
ENCORE-Arbeits-  
gruppe  
Klimawandel.**

## Fazit und Ausblick

Die Wasserwirtschaft greift gezielt in den Wasserhaushalt ein. Sie koordiniert damit die verschiedenen Interessen, die entlang des Wasserkreislaufs aufeinandertreffen und für einen nachhaltigen und Ressourcen schonenden Umgang mit dem Wasser aufeinander abgestimmt werden müssen. Ein wichtiger Teil ihrer fachlichen Arbeit ist dabei die Anpassung an Schwankungen und Variablen in den äußeren Rahmenbedingungen, ob natürlich gegeben oder durch den Menschen hervorgerufen. Wirtschaftliche Interessen und Veränderungen, Entwicklungen in der Demografie und der Schutz der natürlichen Ressourcen ändern die Anforderungen an die gezielte Bewirtschaftung ständig.

Ergänzend verändert der Klimawandel die Rahmenbedingungen der Wasserwirtschaft wesentlich in zwei Aspekten: Zum einen werden Abstimmungsbedarfe zwischen den einzelnen Nutzungsinteressen durch die Verschiebung der Mittelwerte erhöht, zum anderen stellt eine Zunahme an Extremereignissen die Wasserwirt-

schaft vor neue Herausforderungen. Um diesen Aufgaben gerecht zu werden, ist es notwendig, die Anpassung der Wasserwirtschaft an den Klimawandel mit differenzierten Veränderungen in der Bewirtschaftung zu handhaben.

Die Anpassung an die Folgen des Klimawandels ist ein dynamischer Prozess. Durch die verschiedenen Projekte, die mit Hilfe der Landesregierung bereits initiiert wurden und noch werden, wurden der Kenntnisstand und die praktischen Erfahrungen bereits erheblich erweitert. Die bisher durchgeführten Projekte zeigen aber auch, wo noch Wissenslücken und Handlungsbedarfe vorhanden sind, die es zu schließen gilt.

Die Entwicklung von Maßnahmen und Handlungsoptionen zur Anpassung darf dabei nicht die Priorität des Klimaschutzes verdrängen. Nur gezielter und intensiver Klimaschutz verhindert noch gravierendere Veränderungen des globalen Klimas und einen immer stärkeren Anstieg der Kosten, die in Zukunft für Anpassungsmaßnahmen investiert oder für die Bewältigung von Klimaschäden aufgewendet werden müssen.

Die Landesregierung wird beide Prozesse – den des Klimaschutzes und den der Anpassung an den Klimawandel – integriert betrachten, weiterhin fördern und unterstützen sowie die dazu erforderlichen Maßnahmen und Strategien kontinuierlich weiterentwickeln.



**Die Richtung stimmt: Jetzt gilt es, den begonnenen Weg zur Anpassung an den Klimawandel weiter zu gehen.**

# Anhang

## Literatur

**Görgen et al. (2010):** Assessment of climate change impacts on discharge in the Rhine River Basin: Results of the Rhein-Blick2050 Project.- Report 1-23 of the CHR.

**Hörling, B., Coldewey W. G. (2009):** Hydrogeologie – Einführung in die Allgemeine und Angewandte Hydrogeologie, 7. Auflage; Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg.

**Morgenschweis G., zur Strassen G., Patzke S., Schwanenberg D. (2007):** Abschätzung der Auswirkungen von möglichen Klimaänderungen auf die Bewirtschaftung der Talsperren im Einzugsgebiet der Ruhr. In: Jahresbericht Ruhrwassermenge 2006, Ruhrverband Essen (2007), S. 32-50.

**MUNLV NRW (2004):** Ermittlung von Bemessungsabflüssen in Nordrhein-Westfalen; Merkblatt 46; Düsseldorf.

**MUNLV NRW (2007):** Umweltbericht 2006; Düsseldorf.

**MUNLV NRW (2009a):** Anpassung an den Klimawandel – Eine Strategie für Nordrhein-Westfalen; Düsseldorf.

**MUNLV NRW (Hrsg.) (2009 b):** Handbuch Stadtklima – Maßnahmen und Handlungskonzepte für Städte und Ballungsräume zur Anpassung an den Klimawandel; Düsseldorf.

**Potsdam Institute for Climate Impact Research (PIK) (2009):** Klimawandel in Nordrhein-Westfalen – Regionale Abschätzung der Anfälligkeit ausgewählter Sektoren; Abschlussbericht zum Gutachten im Auftrag des MUNLV NRW; Potsdam.  
[http://www.umwelt.nrw.de/umwelt/klimawandel/anpassungspolitik/projekte/uebergreifende\\_aktivitaeten/projektseite\\_04/index.php](http://www.umwelt.nrw.de/umwelt/klimawandel/anpassungspolitik/projekte/uebergreifende_aktivitaeten/projektseite_04/index.php)

**Scherzer, J. (2008):** Projektvorstellung WASKlim – Wasserwirtschaftliche Anpassungsstrategien an den Klimawandel; Hydrologie und Wasserbewirtschaftung 02/2008.  
<http://www.wasklim.de/Scherzer%20Projektvorstellung%20OHyWa.htm>

## Linkliste

**Internetseiten des MKULNV zum Klimawandel in NRW:**  
[www.klimawandel.nrw.de](http://www.klimawandel.nrw.de)

**Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel (DAS):**  
<http://www.bmu.de/klimaschutz/downloads/doc/42783.php>

## Projekte im Klimainnovationsfonds NRW:

**Auswirkung des Klimawandels auf das Abflussverhalten in Gewässern in NRW (KLAVE):**  
[http://www.umwelt.nrw.de/klima/klimawandel/anpassungspolitik/projekte/wasserwirtschaft/projektseite\\_08/index.php](http://www.umwelt.nrw.de/klima/klimawandel/anpassungspolitik/projekte/wasserwirtschaft/projektseite_08/index.php)

**Auswirkungen des Klimawandels auf gefährliche Industrieanlagen:**  
<http://www.umwelt.nrw.de/klima/klimawandel/anpassungspolitik/projekte/anlagensicherheit/index.php>

**Auswirkungen des Klimawandels auf Oberflächengewässer als Grundlage für aktuelle und zukünftige Wärmeleitungen:**  
[http://www.umwelt.nrw.de/klima/klimawandel/anpassungspolitik/projekte/wasserwirtschaft/projektseite\\_09/index.php](http://www.umwelt.nrw.de/klima/klimawandel/anpassungspolitik/projekte/wasserwirtschaft/projektseite_09/index.php)

**Einfluss des Klimawandels auf die Entwicklung von Grundwasserständen:**  
[http://www.umwelt.nrw.de/klima/klimawandel/anpassungspolitik/projekte/wasserwirtschaft/projektseite\\_01/index.php](http://www.umwelt.nrw.de/klima/klimawandel/anpassungspolitik/projekte/wasserwirtschaft/projektseite_01/index.php)

**Einfluss der Wetterverhältnisse auf das Emissionsverhalten von Kläranlagen:**  
[http://www.umwelt.nrw.de/klima/klimawandel/anpassungspolitik/projekte/wasserwirtschaft/projektseite\\_11/index.php](http://www.umwelt.nrw.de/klima/klimawandel/anpassungspolitik/projekte/wasserwirtschaft/projektseite_11/index.php)

**Ermittlung der Hochwassersicherheit im Einzugsgebiet der Ruhr:**  
[http://www.umwelt.nrw.de/klima/klimawandel/anpassungspolitik/projekte/wasserwirtschaft/projektseite\\_07/index.php](http://www.umwelt.nrw.de/klima/klimawandel/anpassungspolitik/projekte/wasserwirtschaft/projektseite_07/index.php)

**Erosionsgefährdung landwirtschaftlicher Böden durch Regen:**  
[http://www.umwelt.nrw.de/klima/klimawandel/anpassungspolitik/projekte/landwirtschaft\\_und\\_boden/projektseite\\_03/index.php](http://www.umwelt.nrw.de/klima/klimawandel/anpassungspolitik/projekte/landwirtschaft_und_boden/projektseite_03/index.php)

**Extremwertstatistische Untersuchung von Starkniederschlägen in NRW (ExUS):**  
[http://www.umwelt.nrw.de/klima/klimawandel/anpassungspolitik/projekte/wasserwirtschaft/projektseite\\_03/index.php](http://www.umwelt.nrw.de/klima/klimawandel/anpassungspolitik/projekte/wasserwirtschaft/projektseite_03/index.php)

**Gefährdung der Trinkwasserversorgung durch**

**Krankheitserreger:**

[http://www.umwelt.nrw.de/klima/klimawandel/anpassungs-politik/projekte/wasserwirtschaft/projektseite\\_10/index.php](http://www.umwelt.nrw.de/klima/klimawandel/anpassungs-politik/projekte/wasserwirtschaft/projektseite_10/index.php)

**Handbuch Stadtklima:**

[http://www.umwelt.nrw.de/klima/klimawandel/anpassungs-politik/projekte/staedte\\_und\\_ballungsraeume/projektseite\\_01/index.php](http://www.umwelt.nrw.de/klima/klimawandel/anpassungs-politik/projekte/staedte_und_ballungsraeume/projektseite_01/index.php)

**Handlungsoptionen für eine wassersensible  
Stadtentwicklung in NRW:**

[http://www.umwelt.nrw.de/klima/klimawandel/anpassungs-politik/projekte/wasserwirtschaft/projektseite\\_06/index.php](http://www.umwelt.nrw.de/klima/klimawandel/anpassungs-politik/projekte/wasserwirtschaft/projektseite_06/index.php)

**Klimawandelgerechte Metropole Köln:**

[http://www.umwelt.nrw.de/klima/klimawandel/anpassungs-politik/projekte/staedte\\_und\\_ballungsraeume/projektseite\\_02/index.php](http://www.umwelt.nrw.de/klima/klimawandel/anpassungs-politik/projekte/staedte_und_ballungsraeume/projektseite_02/index.php)

**Klimawandel und Kanalnetzdimensionierung (KUK):**

[http://www.umwelt.nrw.de/klima/klimawandel/anpassungs-politik/projekte/wasserwirtschaft/projektseite\\_05/index.php](http://www.umwelt.nrw.de/klima/klimawandel/anpassungs-politik/projekte/wasserwirtschaft/projektseite_05/index.php)

**Untersuchung starkregengefährdeter Gebiete:**

[http://www.umwelt.nrw.de/klima/klimawandel/anpassungs-politik/projekte/wasserwirtschaft/projektseite\\_04/index.php](http://www.umwelt.nrw.de/klima/klimawandel/anpassungs-politik/projekte/wasserwirtschaft/projektseite_04/index.php)

**Wasserhaushalt in Waldökosystemen:**

[http://www.umwelt.nrw.de/klima/klimawandel/anpassungs-politik/projekte/wald\\_und\\_forstwirtschaft/projektseite\\_02/index.php](http://www.umwelt.nrw.de/klima/klimawandel/anpassungs-politik/projekte/wald_und_forstwirtschaft/projektseite_02/index.php)

**Nationale und internationale Projekte:**

**AMICE – Adaptation of the Meuse to the Impacts of  
Evolution:**

[www.amice-project.eu](http://www.amice-project.eu)

**dynaklim – Dynamische Anpassung regionaler Planungs-  
und Entwicklungsprozesse an die Auswirkungen des  
Klimawandels am Beispiel der Emscher-Lippe-Region  
(Ruhrgebiet):**

[www.dynaklim.de](http://www.dynaklim.de)

**ENCORE-Arbeitsgruppe Klimawandel:**

[www.regional-climate.eu](http://www.regional-climate.eu)

**Future Cities:**

[www.future-cities.eu](http://www.future-cities.eu)

**IKSR – Internationale Kommission zum Schutz des Rheins:**

[www.iksr.org](http://www.iksr.org)

**INKLIM – Integriertes Klimaschutzprogramm Hessen**

<http://klimawandel.hlug.de/forschungsprojekte/inklim-2012.html>

**KlimaNet – Wassersensible Stadtentwicklung:**

[http://www.isa.rwth-aachen.de/index.php?option=com\\_content&task=blogcategory&id=305&Itemid=424](http://www.isa.rwth-aachen.de/index.php?option=com_content&task=blogcategory&id=305&Itemid=424)

**klimazwei – Forschung für den Klimaschutz und Schutz vor  
Klimawirkungen:**

[www.klimazwei.de](http://www.klimazwei.de)

**KLIMZUG – Klimawandel in Regionen zukunftsfähig  
gestalten:**

[www.klimzug.de](http://www.klimzug.de)

**KLIWA – Klimaveränderung und Konsequenzen  
für die Wasserwirtschaft:**

[www.kliwa.de](http://www.kliwa.de)

**KLIWAS – Auswirkungen des Klimawandels auf  
Wasserstraßen und Schifffahrt:**

[www.kliwas.de](http://www.kliwas.de)

**NAUWA – Lösungsansätze für nachhaltige  
Wasserinfrastruktursysteme:**

<http://www.isi.fraunhofer.de/isi-de/service/presseinfos/2009/pri09-18.php?WSESSIONID=1656a06b68afc5f050c3cfee1c3c259e>

**RegioExAKT – Regionales Risiko konvektiver  
Extremwetterereignisse:**

[www.regioexakt.de](http://www.regioexakt.de)

**Urban Water – Living Cities:**

[www.urban-water.org](http://www.urban-water.org)

**URBAS – Urbane Sturzfluten:**

[www.urbanesturzfluten.de](http://www.urbanesturzfluten.de)

# Impressum

## Herausgeber und Bezug:

Ministerium für Klimaschutz, Umwelt,  
Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz  
des Landes Nordrhein-Westfalen  
Referat Öffentlichkeitsarbeit  
40190 Düsseldorf

## Fachredaktion:

Referat IV-5: Grundsatzfragen der Wasserwirtschaft, Wasserversorgung  
und Trinkwasser, Hochwasserschutz (MKULNV)  
Referat VII B-1: Raumordnung und Landesplanung, Flächenverbrauch,  
Klimaanpassung (MKULNV)  
Abteilung 5: Wasserwirtschaft, Gewässerschutz (LANUV)

## Text- und Grafikerstellung, Fotorecherche:

Forschungsinstitut für Wasser- und Abfallwirtschaft an der  
RWTH Aachen (FiW) e.V., Aachen  
IWW Rheinisch-Westfälisches Institut für Wasser  
Beratungs- und Entwicklungsgesellschaft mbH, Mülheim a. d. Ruhr

## Fotos:

Claude F. Donné (S. 4); Fotolia.com: Galyna Andrushko (S. 6), Klaus Rose  
(S. 14), Raul Comino (S. 15), Christian Schwier (S. 18), corky46 (S. 23),  
Gina Sanders (S. 28), Gioacchino Trigona (S. 29), Carmen Steiner (S. 31),  
nonameman (S. 32), kunstspringer (S. 35), Lana (S. 37), Demid (S. 38);  
iStockphoto.com: Jozse Pobjic (S. 20), Janxi (S. 26/2), paulthepunk  
(S. 26/3), Camilo Torres (S. 26/4), Allkindza (S. 26/6); Bernd Mehlig  
(S. 16, 19, 22, 30, 34); panthermedia.net: Reinald D. (S. 26,5), Peter G.K.  
(S. 27); photocase.com: himbeertoni (S. 21), mamamah (S. 26/1, 36),  
boing (S. 40)

Gestaltung: messitsch Medienpool Köln GmbH ([www.medienpool.de](http://www.medienpool.de))



Druck: Druckerei Gebrüder Kopp GmbH & Co. KG, Köln

1. Auflage, Stand: Januar 2011

Diese Druckschrift wird im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit der Landesregierung Nordrhein-Westfalen herausgegeben. Sie darf weder von Parteien noch von Wahlbewerbern zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für Landtags-, Bundestags- und Kommunalwahlen.

Missbräuchlich ist insbesondere die Verteilung auf Wahlveranstaltungen, an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken oder Aufkleben parteipolitischer Informationen oder Werbemittel. Untersagt ist gleichfalls die Weitergabe an Dritte zum Zwecke der Wahlwerbung.

Unabhängig davon, wann, auf welchem Weg und in welcher Anzahl diese Schrift dem Empfänger zugegangen ist, darf sie auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl nicht in einer Weise verwendet werden, die als Parteinahme der Landesregierung zugunsten einzelner politischer Gruppen verstanden werden könnte.

**Ministerium für Klimaschutz, Umwelt,  
Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz  
des Landes Nordrhein-Westfalen**

Schwannstraße 3  
40476 Düsseldorf  
[www.umwelt.nrw.de](http://www.umwelt.nrw.de)

