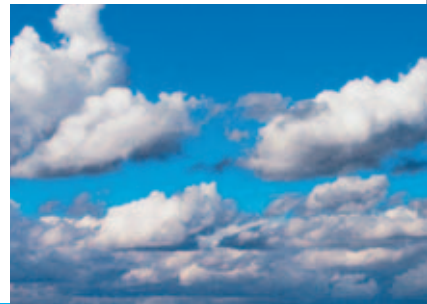




Ministerium für Umwelt und Naturschutz,
Landwirtschaft und Verbraucherschutz
des Landes Nordrhein-Westfalen
Schwannstraße 3
40476 Düsseldorf



Klimawandel in Nordrhein-Westfalen Wege zu einer Anpassungsstrategie

Liebe Leserin, lieber Leser,



der Klimawandel ist eine der größten politischen Herausforderungen unserer Zeit. Die Erderwärmung führt bereits dazu, dass der Meeresspiegel steigt, die Gletscher abschmelzen und extreme Wetterereignisse wie Hitzewellen und außergewöhnlich starke Regenfälle zunehmen. Es gibt keinen Zweifel mehr daran, dass das Klima sich ändert, weltweit und auch hier in Nordrhein-Westfalen.

Besonders wichtig angesichts dieses Ausmaßes des Klimawandels ist der Klimaschutz. Durch eine konsequente und globale Klimapolitik kann und muss es gelingen, die Treibhausgasemissionen drastisch zu senken. Die Erderwärmung kann dadurch deutlich gedämpft, sie kann allerdings nicht mehr gänzlich aufgehalten werden. Klimapolitik muss deshalb mehr sein: die Anpassung an die nicht mehr abwendbaren Folgen des Klimawandels. „Anpassung“ bedeutet in diesem Zusammenhang, die Folgen und damit die Auswirkungen des Klimawandels zu verringern und die sich hier ergebenden Chancen zu nutzen.

Da die klimabedingten Veränderungen besonders auf regionaler Ebene spürbar sind und sich hier konkrete Handlungserfordernisse offenbaren, sind die Länder bei der Anpassung an den Klimawandel besonders gefragt. Mein Haus hat daher die Ihnen vorliegende Studie zum Thema „Klimawandel in NRW – Wege zu einer Anpassungsstrategie“ erarbeitet. Es werden erste, bereits heute feststellbare sowie künftige abschätzbare Folgen des Klimawandels für die Wasserwirtschaft, die Land- und Forstwirtschaft, den Naturschutz, den Bodenschutz, die Fischerei und die Gesundheit sowie dazugehörige Handlungsoptionen skizziert. Wir bereiten damit eine politische Anpassungsstrategie für Nordrhein-Westfalen vor.

A handwritten signature in black ink, which appears to read 'Eckhard Uhlenberg'. The signature is fluid and cursive, written over a light blue background.

Eckhard Uhlenberg
Minister für Umwelt und Naturschutz,
Landwirtschaft und Verbraucherschutz
des Landes Nordrhein-Westfalen

Inhaltverzeichnis

I. Einleitung	5
II. Die Klima-Situation in Nordrhein-Westfalen	8
1. Bisheriger Trend der Klimaentwicklung	8
2. Prognosen für die weitere Klimaentwicklung	10
3. Erweiterung der relevanten Datenbasis	13
III. Folgen des Klimawandels, Anpassungsoptionen und Forschungsbedarf	15
1. Bodenschutz	15
a) Folgen des Klimawandels	15
b) Anpassungsoptionen und Forschungsbedarf	16
2. Wasserwirtschaft	17
a) Folgen des Klimawandels	17
b) Anpassungsoptionen und Forschungsbedarf	19
3. Naturschutz und Biodiversität	21
a) Folgen des Klimawandels	21
b) Anpassungsoptionen und Forschungsbedarf	22
4. Landwirtschaft	23
a) Folgen des Klimawandels	23
b) Anpassungsoptionen und Forschungsbedarf	24
5. Forstwirtschaft	25
a) Folgen des Klimawandels	25
b) Anpassungsoptionen und Forschungsbedarf	26
6. Jagd	28
a) Folgen des Klimawandels	28
b) Anpassungsoptionen und Forschungsbedarf	28
7. Fischerei	29
a) Folgen des Klimawandels	29
b) Anpassungsoptionen und Forschungsbedarf	30
8. Gesundheit der Bevölkerung	30
a) Folgen des Klimawandels	30
b) Anpassungsoptionen und Forschungsbedarf	31
IV. Wege zu einer Anpassungsstrategie	33
Erkenntnisse	33
Grundlagen verbessern	33
Hochwasserschutz	34
Forstwirtschaft	34
Landwirtschaft	35

I. Einleitung

Der im Frühjahr 2007 veröffentlichte 4. Sachstandsbericht des Zwischenstaatlichen Ausschusses für Klimaänderungen (IPCC) macht deutlich: Das globale Klima wird wärmer. Beobachtungen und Messungen belegen eine **Erwärmung der globalen Durchschnittstemperatur** um $0,74^{\circ}\text{C}$ innerhalb der letzten 100 Jahre. Der Anstieg des Meeresspiegels, das Abschmelzen von Gletschern und Eiskappen, die Verschiebung von Verbreitungsgebieten von Arten oder die Zunahme von extremen Wetterereignissen, wie Hitzewellen, Dürren, Starkniederschlägen oder Stürmen, geben bereits heute Zeugnis von der Klimaerwärmung und ihren Folgen.

Auch Deutschland ist vom Klimawandel betroffen. Die im April 2007 vom Deutschen Wetterdienst veröffentlichten Fakten aus Langzeituntersuchungen belegen einen **Anstieg der Jahresmitteltemperatur in Deutschland** seit 1901 um knapp $0,9^{\circ}\text{C}$.

Klimaänderungen sind in erdgeschichtlicher Zeit immer wieder eingetreten. Das Außergewöhnliche der jetzigen Situation ist die Schnelligkeit, Intensität und Beständigkeit des Trends bei der Änderung der Klimawerte, die über den Zeitraum nur weniger Jahrzehnte zum Ausdruck kommt. Die Erwärmungsrate für die letzten 50 Jahre ist nahezu doppelt so hoch, wie die für die vergangenen 100 Jahre. Elf der letzten zwölf Jahre (1995–2006) waren unter den zwölf wärmsten Jahren seit Beginn der Temperaturbeobachtungen Mitte des 19. Jahrhunderts.

Mit hoher Wahrscheinlichkeit ist nach Auffassung der Wissenschaftler des IPCC der vom Menschen verursachte **Ausstoß von Treibhausgasen** (Kohlendioxid, Methan, Stickoxide, etc.) durch die Verbrennung fossiler Energieträger, großflächige Waldrodungen, Ackerbau und Viehzucht die **Hauptursache** für die sich vollziehende globale Erwärmung. Die Konzentration von Treibhausgasen in der Atmosphäre, die Einfluss nimmt auf die Fähigkeit der Erde, Wärme abzustrahlen, ist heute höher als jemals zuvor in den vergangenen 650.000 Jahren.

Um die Folgen der Klimaänderungen für Mensch und Umwelt auf ein erträgliches Maß zu reduzieren, hat sich die Europäische Union das Ziel gesetzt, die maximale Erwärmung bei höchstens $+2^{\circ}\text{C}$ gegenüber vorindustriellen Werten zu begrenzen. Abhängig von der Höhe der weltweiten Treibhausgasemissionen rechnet der Zwischenstaatliche Ausschuss für Klimaänderungen (IPCC) jedoch bis 2100 mit einer Zunahme

der globalen Durchschnittstemperatur um 1,1°C bis 6,4°C¹. Modellrechnungen des Umweltbundesamtes (UBA) lassen in Deutschland in den nächsten 100 Jahren im Vergleich zum Zeitraum 1961–1990 einen Anstieg der Jahresmitteltemperaturen um 1,5 bis 3,7°C erwarten. Als sehr wahrscheinlich gilt eine Erwärmung um 2 bis 3°C, die sich regional und saisonal unterschiedlich stark ausprägen wird.

Der anthropogene Klimawandel stellt uns demnach vor **zwei Herausforderungen**: Zum einen müssen die Treibhausgasemissionen nach Berechnungen des IPCC weltweit bis 2050 um 50–80% gegenüber heute reduziert werden (mitigation), soll das **2°-Ziel** erreicht werden. Zum anderen ist erkennbar und für die Zukunft absehbar, dass die globale Erwärmung Folgen hat bzw. haben wird, auf die wir uns vorbereiten und an die wir uns anpassen müssen (adaptation).

Anpassung an den Klimawandel zielt darauf ab, die Risiken und Schäden gegenwärtiger und zukünftiger Auswirkungen des Klimawandels zu verringern und potenzielle Chancen zu nutzen. Sie kann vorsorgend und reaktiv sein und beinhaltet sowohl internationale, als auch nationale, regionale und lokale Strategien und praktische Maßnahmen.

- Auf internationaler Ebene wurde die Notwendigkeit der Anpassung an Klimaänderungen in Art. 4 der **Klimarahmenkonvention** der Vereinten Nationen verankert. Darin verpflichten sich die Vertragsstaaten, Maßnahmenprogramme zur Anpassung zu entwickeln und umzusetzen. Auch sind der Transfer von Finanzmitteln und Technologien zugunsten von Entwicklungsländern vorgesehen.
- Die Europäische Kommission hat im Juni 2007 ein **Grünbuch** zur Anpassung an den Klimawandel in Europa vorgelegt, das die Betroffenheit Europas vom Klimawandel beschreibt sowie Optionen für Anpassungsmaßnahmen aufzeigt.
- Die Bundesregierung hat sich in ihrem Klimaschutzprogramm 2005 die Erarbeitung einer nationalen Anpassungsstrategie zum Ziel gesetzt. Die „**Deutsche Strategie zu Klimafolgen und Anpassung an Klimaänderungen**“ soll mit Unterstützung des 2006 gegründeten „Kompetenzzentrums Klimafolgen und Anpassung“ (KomPass) und in Zusammenarbeit mit den Bundesländern bis Ende 2008 fertig gestellt werden.

¹ Diese Werte beziehen sich auf Temperaturerhöhungen gegenüber dem Basisjahr 1990. Da 1990 bereits eine Temperaturerhöhung von ca. 0,5°C zu verzeichnen war, addiert sich dieser Wert zum vorindustriellen Wert, so dass die Erhöhung der Durchschnittstemperatur gegenüber dem vorindustriellen Wert je nach Szenario bei 1,6°C bis 6,9°C liegt.

- Bei der Entwicklung und Umsetzung von Maßnahmen zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels sind die **Länder** besonders gefordert. Denn auf regionaler Ebene zeigen sich die klimabedingten Änderungen in ihren spezifischen Auswirkungen je nach geographischer bzw. naturräumlicher Lage, vorhandener Infrastruktur, etc., besonders deutlich und ermöglichen somit direktes und an den konkreten Erfordernissen angemessenes Handeln. Auf der Sonder-Umweltministerkonferenz wurde mit der Verabschiedung der Düsseldorfer Erklärung „Klimawandel und Konsequenzen“ am 22. März 2007 die Notwendigkeit einer strategischen Planung für die Anpassung an die Folgen des Klimawandels unterstrichen und die Unterstützung des Bundes bei der Entwicklung eines nationalen Konzeptes festgeschrieben.

Die **Landesregierung Nordrhein-Westfalens** stellt sich der Aufgabe, sich auf die zu erwartenden Klimaveränderungen und ihre Folgen einzustellen und entsprechende Handlungsoptionen für Nordrhein-Westfalen zu entwickeln bzw. Vorsorgemaßnahmen zu treffen.

Das vorliegende Papier gibt den aktuellen Kenntnisstand über die **Klimaentwicklung in Nordrhein-Westfalen** wieder (Kapitel II) und stellt bereits heute feststellbare sowie zukünftig abschätzbare **Folgen des Klimawandels** dar (Kapitel III). Auf dieser Basis werden **mögliche Maßnahmen zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels** für die im Geschäftsbereich des MUNLV liegenden Bereiche Bodenschutz, Wasserwirtschaft, Naturschutz und Artenvielfalt, Land- und Forstwirtschaft, Jagd und Fischerei sowie Gesundheit aufgeführt (Kapitel III) sowie konkrete erste Handlungsschritte genannt (Kapitel IV).

Damit leitet die Landesregierung die Diskussion zur Anpassung an den Klimawandel in Nordrhein-Westfalen ein, und legt einen Grundstein für Aktionen und Maßnahmen auf Landesebene.

II. Die Klima-Situation in Nordrhein-Westfalen

Bei der Untersuchung der Auswirkung der globalen Erwärmung auf die Klima-Situation in Nordrhein-Westfalen ist die Beobachtung und Analyse zurückliegender Klimadaten zu unterscheiden von der Berechnung von Modellen zur Abschätzung zukünftiger Klimaentwicklungen.

1. Bisheriger Trend der Klimaentwicklung

Basierend auf Messwerten von Klima- und Niederschlagsmessstationen wurde die Entwicklung von Klimawerten in Nordrhein-Westfalen mit zwei Untersuchungen genauer ausgewertet:

Eine **Studie des Landesamtes für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen²** aus dem Jahr 2004 analysiert die **Zeitreihen der Messstationen in Nordrhein-Westfalen für den Zeitraum 1951–2000**. Ihre statistische Auswertung weist für die Lufttemperatur und den Niederschlag eindeutige Veränderungstrends in diesen 50 Jahren auf. Landesweit beträgt der mittlere Temperaturanstieg bis zu 1,5 Grad, wobei die Erwärmung im Winter stärker als im Sommer erfolgt. Mit den milden Wintern geht ein Rückgang der Frosttage, mit den wärmeren Sommern eine Zunahme der Sommertage einher um jeweils bis zu 20 Tage pro Jahr. Einer Zunahme der jährlichen Gesamtniederschläge in einigen Regionen Nordrhein-Westfalens mit + 100 mm und mehr, stehen andere Regionen mit unveränderten, jährlichen Niederschlagsmengen gegenüber. Bei der jährlichen Verteilung der Niederschläge ergibt sich eine Verschiebung zu mehr Winterniederschlägen. Die Anzahl der Tage mit Starkregenereignissen (über 10 mm Niederschlag) nimmt landesweit zu.

Eine **Studie des Landesbetriebes Wald und Holz Nordrhein-Westfalen³** aus dem Jahr 2006 leitet Aussagen zur Klimaveränderung in Nordrhein-Westfalen aus dem Vergleich zweier Klimaperioden ab. Zu den **Klimareferenzperioden von 1931–60 und 1961–90** wurden flächendeckend für Nordrhein-Westfalen auf Rasterkarten Mittelwerte und Häufigkeitsverteilungen berechnet und miteinander verglichen. Dabei zeigte sich im Mittel ein Anstieg der Lufttemperatur um +0,2 Grad und eine Erhöhung der Niederschläge um 33 mm.

² Gerstengarbe et. al. (2004): Erstellung regionaler Klimaszenarien für Nordrhein-Westfalen; erstellt durch die Fa. BRUECKE Potsdam GbR im Auftrag der Landesanstalt für Ökologie, Bodenordnung und Forsten Nordrhein-Westfalen; Link: http://www.lanuv.nrw.de/klima/klima_veroeffentlichungen.htm

³ Informations- und Arbeitspapier des Landesbetriebes Wald und Holz Nordrhein-Westfalen (2006): „Wald und Klimawandel in NRW“; Link: www.waldundklima.net/klima_wald_02.php; www.forst.nrw.de

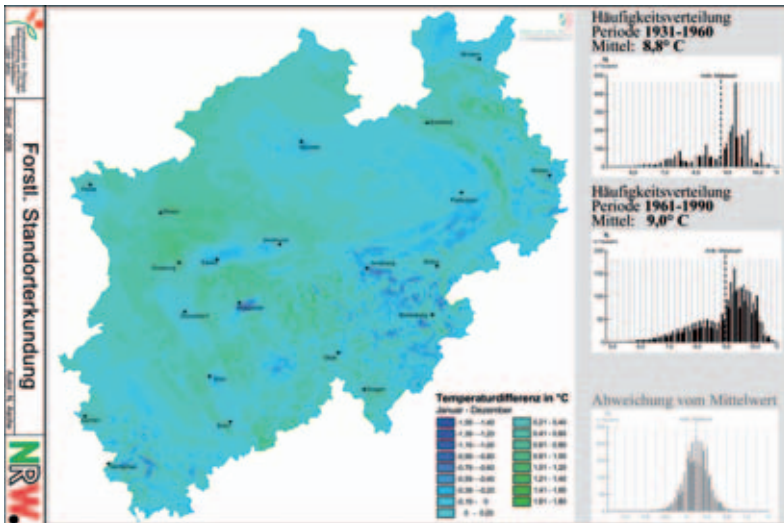


Abb. 1: Temperaturdifferenz in °C, Periode 1961–1990 minus 1931–1960 (Jahreswerte)

Betrachtet man bei diesem Vergleich jedoch die einzelnen Regionen in Nordrhein-Westfalen, so gibt es von diesem Mittelwert deutliche Abweichungen. So ist die Lufttemperatur im nördlichen Bergischen Land und im Eggegebirge deutlich stärker angestiegen als im Landesmittel, während im östlichen Sauerland auch eine Abkühlung der mittleren Lufttemperaturen auftrat (siehe Abb. 1).

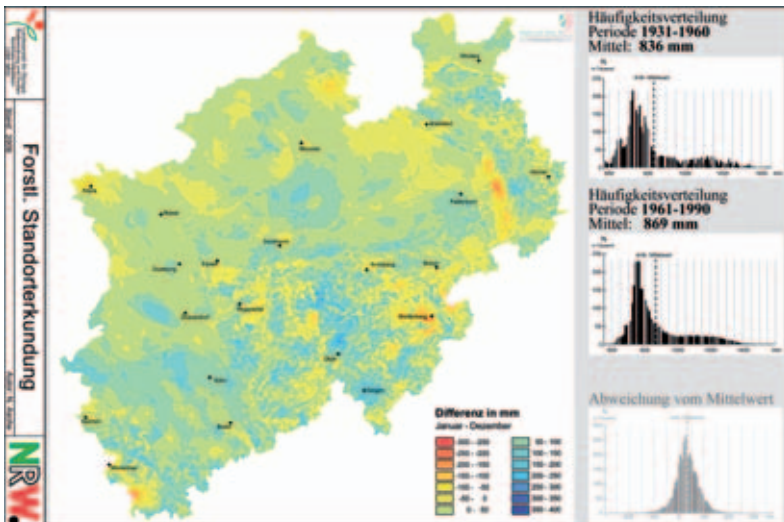


Abb. 2: Niederschlagsdifferenz in mm, Periode 1961–1990 minus 1931–1960 (Jahreswerte)

Deutlich höhere Niederschläge als im Landesmittel wurden in der Periode 1961–90 für das Ebbegebirge festgestellt, während im Eggegebirge die mittleren Niederschlagssummen im Vergleich der Perioden niedriger ausfielen (siehe Abb. 2).

Im Vergleich von Sommer- und Winterhalbjahr der jeweiligen Referenzperioden miteinander liefert nur die Winterperiode 1961–90 im Mittel wärmere Werte; die Lufttemperaturen sind im Mittel der Sommerhalbjahre fast konstant geblieben. Auch beim Niederschlag zeigt die Winterperiode 1961–90 einen deutlichen Anstieg gegenüber dem Vergleichszeitraum; diese Veränderung ist beim Sommergegleich nicht feststellbar.

Beide Untersuchungen bestätigen die **Tendenz des Klimawandels**. Der Unterschied zwischen den Veränderungswerten des Referenzperiodenvergleichs gegenüber denjenigen der Betrachtung der Zeitreihen aus dem 50-jährigen Zeitraum rührt daher, dass bei ersteren die starke Klimaerwärmung der 90er Jahre nicht mit einbezogen ist.

Phänologische Beobachtungen von Phasen der Pflanzenentwicklung zeigen, dass der Blühbeginn, z. B. des Apfels, seit 1951 im Mittel in Nordrhein-Westfalen um fast 2 Wochen früher eintritt. Um den gleichen Betrag hat sich in etwa die **Vegetationsperiode verlängert**.

Alle Anzeichen und Messmethoden verdeutlichen, dass das Klima in Nordrhein-Westfalen sich in den letzten Jahrzehnten merklich verändert hat. Es ist **im Mittel wärmer und feuchter** geworden, **insbesondere im Winterhalbjahr**. An diesen Befunden ist zu beachten, dass der Wandel klimatischer Elemente **sehr unterschiedlich in den verschiedenen Landschaftsräumen** auftritt.

2. Prognosen für die weitere Klimaentwicklung

Zur Abschätzung künftiger Klimaentwicklungen, die als Grundlage für die Bewertung der Risiken und Chancen bevorstehender Klimaänderungen dient, verwendet die Wissenschaft **Klimamodelle**. Diese berechnen das Klima für einen bestimmten Zeitabschnitt auf der Basis von meteorologischen Parametern sowie Annahmen beispielsweise zur Entwicklung der Treibhausgasemissionen (sogenannte „Szenarien“). Dabei werden globale Klimamodelle, die das Klima der gesamten Erdoberfläche simulieren, von regionalen Klimamodellen unterschieden, die Berechnungen für bestimmte Gebiete liefern. Bei der Interpretation der Ergebnisse von Klimamodellen muss grundsätzlich berücksichtigt werden, dass es sich um Modellrechnungen handelt, welche ein oder mehrere mögliche zukünftige Szenarien darstellen, dabei aber keine Gewissheit geben, dass sich das Klima wirklich so entwickeln wird.

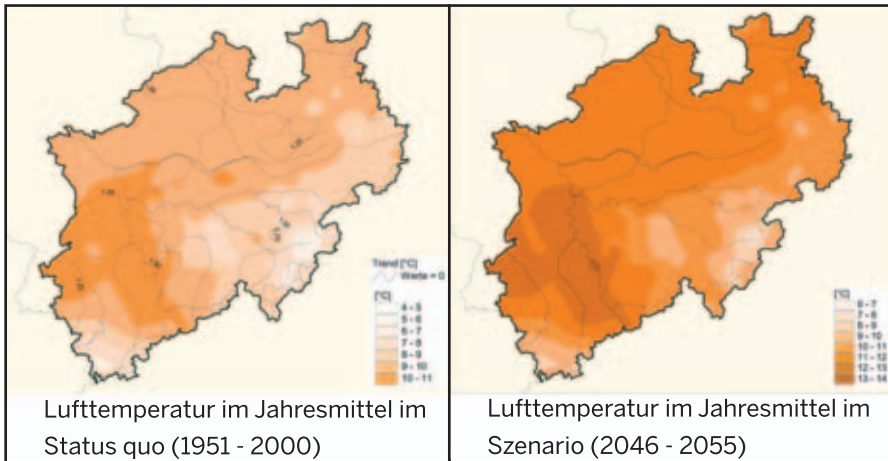


Abbildung 3: Lufttemperatur im Jahresmittel im Status quo und im Szenario 2055

Um Aussagen zur möglichen zukünftigen Entwicklung des Klimas in Nordrhein-Westfalen zu machen, wurde ein statistisches **regionales Klimaszenario für die Großlandschaften in Nordrhein-Westfalen** für den Zeitraum bis 2046–2055 errechnet.⁴ Bei dem gewählten Szenario zeigt sich eine Erhöhung der landesweiten Jahresmitteltemperaturen um bis zu +1,9°C (siehe Abb. 3).

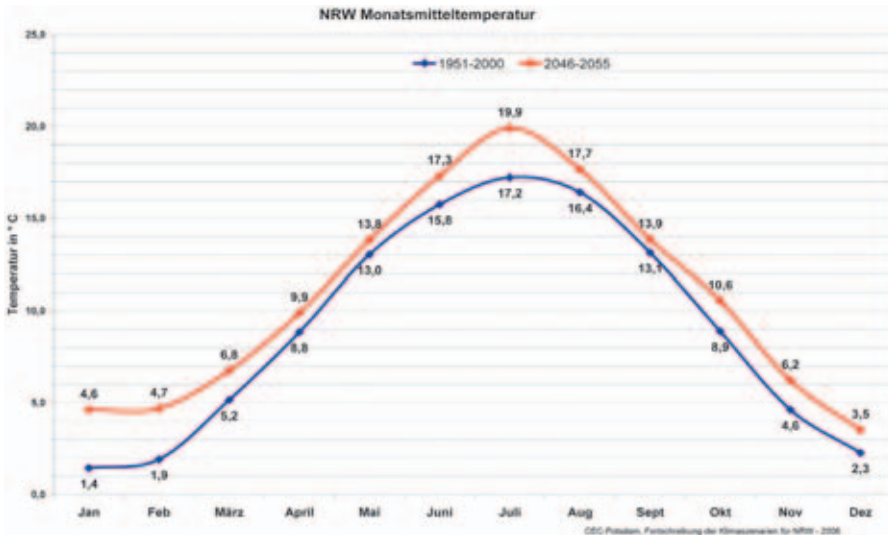


Abbildung 4: Veränderung der Monatsmitteltemperatur

⁴ Gerstengarbe et.al. (2004), siehe Fußnote 2

Dabei tritt eine Erwärmung in den Wintermonaten um bis zu 3 Grad und in den Sommermonaten um bis zu 2,7 Grad gegenüber den Vergleichswerten des Zeitraums 1951 – 2000 ein (siehe Abb. 4).

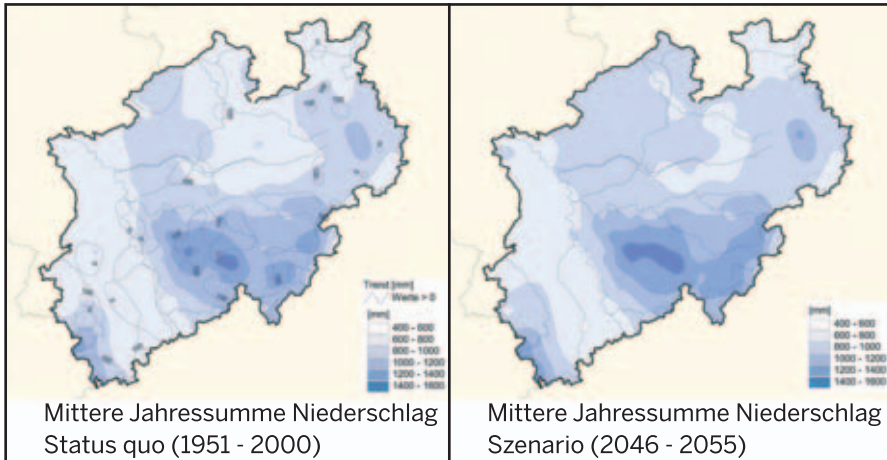


Abbildung 5: Niederschlag als Jahressumme Status quo und Szenario 2055

Bei den Niederschlägen zeigt sich nur eine geringe, mittlere Erhöhung (siehe Abb. 5), aber eine weitere deutliche Verschiebung von den Sommer- zu den Wintermonaten (siehe Abb. 6).



Abbildung 6: Veränderung des mittleren Monatsniederschlags in Nordrhein-Westfalen im Status quo (1951 – 2000) und Szenario 2055

Das Fazit aller vorliegenden Szenarien für das zukünftige Klima in Nordrhein-Westfalen ist:

- Der Erwärmungstrend hält an.
- In den Karten zu den Klimaprojektionen sind Strukturen zu erkennen, die dominant durch das Geländere Relief beeinflusst sind. Die Änderungen sind jahreszeitenabhängig. Sie sind im Winter stärker als im Sommer.
- Im Winter nehmen die Niederschläge – regional unterschiedlich – um bis zu 30 % zu, im Sommer um bis zu 30 % ab. Die jährlichen Gesamtniederschläge und insbesondere die Starkniederschlagsereignisse nehmen zu.
- Die Jahresmitteltemperatur nimmt – abhängig von der Höhe zukünftiger Treibhausgasemissionen – um ca. 2–4 Grad zu, wobei im Winter ein stärkerer Anstieg der Mitteltemperatur zu verzeichnen ist als im Sommer.
- Durch den Temperaturanstieg nimmt der Schneefall ab. Selbst in Höhenlagen wird sich eine geschlossene Schneedecke nur noch selten halten. Im Sommer wird durch eine Steigerung der Sommer- und Hitzetage die thermische Belastung vor allem in Ballungsräumen ansteigen.
- Der Anstieg der mittleren Temperatur erhöht die Wasserdampfmasse in der Luft und die verfügbare potenzielle Energie in der Troposphäre. Damit steigt die Wahrscheinlichkeit von Extremwetterereignissen wie Sturm und Starkregen an.

3. Erweiterung der relevanten Datenbasis

Zur Ergänzung fachlicher Grundlagen und zur Erarbeitung fundierter Projektionen sind die folgenden Maßnahmen notwendig:

- Aufbau eines Nordrhein-Westfalen-Datenbestandes meteorologischer Messungen (Druck, Temperatur, Feuchte, Strahlung, Niederschlag, Windgeschwindigkeit und Windrichtung) als Langzeit-Messreihen für ausgewählte Landschaften in Nordrhein-Westfalen als Basis eines **Klimawandel-Monitorings** auch zum Erkennen der veränderten Häufigkeiten von Klimaereignistagen und Extremsituationen;

- Erstellung von regionalen **Klimaprognosen/Modellrechnungen** in hoher räumlicher Auflösung. Hierfür können vorhandene Klimaprojektionen, die im Auftrag des Umweltbundesamtes bundesweit durchgeführt wurden, herangezogen werden. Diese Daten haben eine räumliche Auflösung von 10 km und sind für erste regionale Aussagen geeignet.
- Auf Basis dieser regionalisierten Daten zur Klimaentwicklung in Nordrhein-Westfalen können durch ihre Kombination mit Landnutzungskarten mit Hilfe geographischer Informationssysteme **thematische Risikokarten** erstellt werden. Hierfür sind die Bereitstellung von **Daten zur Landoberfläche** und deren Nutzung sowie verlässliche Prognosen für deren potenzielle Entwicklung in den nächsten hundert Jahren erforderlich.
- Für ein besseres Verständnis der **Wechselwirkungen zwischen der lokalen Klimasituation und lokalen Umweltbedingungen**, wie z. B. der Vegetation, bedarf es der Entwicklung geeigneter Versuchsanordnungen, die entsprechende Bedingungen zur Generierung von Beobachtungsdaten simulieren.
- Für ein gezieltes, regelmäßiges Monitoring der Folgen des Klimawandels auf Natur, Umwelt, Land- und Forstwirtschaft, Gesundheit, etc. sind jeweils geeignete Indikatoren zu entwickeln.

III. Folgen des Klimawandels, Anpassungsoptionen und Forschungsbedarf

Um angemessen auf die Folgen des Klimawandels reagieren zu können, sind die bereits feststellbaren Auswirkungen in den einzelnen Sektoren zu untersuchen bzw. für zukünftige Entwicklungen abzuschätzen. Auf dieser Basis können gezielte Anpassungsmaßnahmen entwickelt werden. Dabei sind Wissenslücken zu identifizieren und entsprechende Forschungstätigkeiten einzuleiten.

Im Folgenden werden die durch den Klimawandel zu erwartenden Folgen für die Bereiche Bodenschutz, Wasserwirtschaft, Naturschutz und Biodiversität, Landwirtschaft, Forstwirtschaft, Jagd, Fischerei und Umweltmedizin in Nordrhein-Westfalen skizziert, Vorschläge und Ansätze für Anpassungsmaßnahmen genannt sowie Forschungsbedarf abgeleitet.

1. Bodenschutz

a) Folgen des Klimawandels

Aufgrund der Vielzahl der Faktoren, welche die Bodenbildung und -entwicklung bestimmen, können derzeit feststellbare **Bodenveränderungen** nicht eindeutig auf rein klimatische Faktoren zurückgeführt werden. Es gibt jedoch zahlreiche Hinweise, mit welchen Auswirkungen zu rechnen ist, obgleich diese derzeit meist nur qualitativ, nicht quantitativ beschrieben werden können.

So lässt der prognostizierte Klimawandel in Nordrhein-Westfalen u. a. erwarten, dass eine Zunahme des Niederschlags mit höheren Niederschlagsintensitäten (Starkregenereignissen) zu einem **Anstieg der Bodenerosion** durch Wasser führen wird (dies gilt insbesondere für das Winterhalbjahr). Ein Anstieg der Niederschlagsmengen sowie eine Abnahme der Frost- und Eistage im Winter lassen eine **Erhöhung der Verdichtungsanfälligkeit** der Böden erwarten. Dies kann zu einer Verschiebung der Abflusskomponenten und somit zu höherem Oberflächenabfluss führen, der sich auf Anzahl und Größe von Hochwasserereignissen auswirken kann.

Eine längere Wassersättigung der Böden wird die Bildung von **Oberflächenabfluss** vor allem im Winterhalbjahr begünstigen und dadurch den Eintrag von Nähr- und Schadstoffen in Oberflächengewässer verstärken. Auch wird ein Ansteigen der Jahresniederschläge, insbesondere aber der Winterniederschläge, mit hoher Wahrscheinlichkeit zu einem **Anstieg des Sickerwasseranfalls** aus Böden führen. Damit würde sich der Austrag von potenziell Grundwasser gefährdenden Nähr- und Schadstoffen (z. B. Nitrat) aus den Böden erhöhen.

Auf den Böden mit geringer Wasserhaltefähigkeit kommt es durch längere Trockenperioden im Sommerhalbjahr häufiger zu Dürreschäden und Ertragsminderungen bei Kulturpflanzen.

Darüber hinaus ist nicht auszuschließen, dass die ansteigenden Temperaturen mittel- bis langfristig zu einer **Verringerung der Humusvorräte** im Boden führen, was nachhaltige negative Auswirkungen auf verschiedene Bodenfunktionen (Filter- und Pufferkapazität, Wasserspeicherfähigkeit, Erosions- und Verdichtungsanfälligkeit etc.) hat. Durch die verlängerte Vegetationszeit und eine das Pflanzenwachstum anregende höhere CO₂-Konzentration in der Atmosphäre kann bei manchen Kulturarten und insbesondere auf gut mit Wasser versorgten Standorten aber auch mit Ertragssteigerungen gerechnet bzw. mit einer Erweiterung der pflanzenbaulichen Möglichkeiten eine **Verbesserung des Humusmanagements** erreicht werden.

b) Anpassungsoptionen und Forschungsbedarf

Hinsichtlich der Niederschlagsveränderungen und Zunahme extremer Witterungen sind **erosionsmindernde Bewirtschaftungsverfahren** stärker zu berücksichtigen. Dazu gehört eine Praxis orientierte Forschung zu noch nicht ausreichend entwickelten Anbauverfahren, u. a. auch im Hinblick auf wirksame Maßnahmen zur Verringerung der Erosion im Winterhalbjahr.

Die Anstrengungen zur **Vermeidung von Bodenschadverdichtungen** sind zu verstärken. Dazu gehört v. a. die Umsetzung eines geeigneten Beratungskonzeptes zu einer **bodenschonenden Bewirtschaftung**, z. B. durch den Einsatz von Breitreifen. Darüber hinaus ist auf eine **Reduzierung der Radlasten** von Landmaschinen hinzuwirken, um irreversible Bodenverdichtungen weitgehend zu vermeiden.

Angesichts des möglicherweise ansteigenden Austrags von löslichen Stoffen aus Böden mit dem Sickerwasser ist in Zukunft noch stärker auf eine **Optimierung der Stickstoffdüngung** und bessere Ausnutzung von organischen Wirtschaftsdüngern zu achten. In Problemgebieten mit stark erhöhten Nitratkonzentrationen im Grundwasser können wirksame Lösungen, z. B. über eine verbesserte Beratung im Rahmen von Kooperationen zwischen Wasser- und Landwirtschaft, herbeigeführt werden.

Um Dürreschäden durch Sommertrockenheit zu minimieren, sind in den betroffenen Gebieten für den Bereich der landwirtschaftlichen Pflanzenproduktion frühzeitig mögliche **Strategien zur Anpassung an die Trockenheit** zu entwickeln und umzusetzen. Dabei sollten Möglichkeiten der Änderung des angebauten Arten- und Sortenspektrums, aber auch Aspekte wie eine umweltverträgliche Bewässerung Berücksichtigung finden.

Die **Flächenversiegelung** muss auf ein vertretbares Maß zurückgeführt werden. Insbesondere in (Teil-)Einzugsgebieten, die ohnehin stark Hochwasser gefährdet sind, sollten spezielle Strategien zur Minimierung der Flächenversiegelung Anwendung finden, z. B. durch Regenwasserbewirtschaftung.

Um gegebenenfalls signifikante Rückgänge frühzeitig zu erkennen, könnte eine **Beobachtung der Entwicklung der Humusgehalte** (Konzentrationen und Mengen) in repräsentativen Böden in Nordrhein-Westfalen erfolgen.

2. Wasserwirtschaft

a) Folgen des Klimawandels

Bei Betrachtung nach hydrologischen Sommer- (Mai–Okt.) und Winterhalbjahren (Nov.–Apr.) zeigt sich an Fließgewässern bei den mittleren Abflüssen des **Winterhalbjahres** eher eine **Tendenz zur Erhöhung** und im **Sommerhalbjahr** eine **Tendenz zur Abnahme**. Das Jahresmittel des Abflusses verändert sich weniger signifikant.

Signifikante Veränderungen des **Hochwasserabflusses** sowohl bei den mittleren Hochwasserabflüssen als auch bei den Hochwasserabflüssen mit geringerer statistischer Eintretenswahrscheinlichkeit sind als Folge des Klimawandels bislang nicht eindeutig nachweisbar. Die jeweiligen Jahreshöchstabflüsse der Halbjahre weisen zwar für die Mehrzahl der Pegel eine leicht ansteigende Tendenz im Winterhalbjahr auf, jedoch betrifft dies nur selten Hochwasserscheitel im Bereich vom 100-jährlichen Hochwasser oder darüber. Zu den mittleren **Niedrigwasserabflüssen** sind keine signifikanten Veränderungen bzgl. Tendenzen oder zunehmende Extrema festzustellen.

Insgesamt wird ein **leichter Anstieg der Jahresmittelabflüsse** durch das veränderte Niederschlagsdargebot erwartet. Durch trockenere und wärmere Sommer werden die mittleren Niedrigwasserabflüsse abnehmen. Angesichts der Überlagerung durch andere anthropogene Einflüsse ist ein entsprechender Nachweis allerdings nur schwer zu führen. Da für das Winterhalbjahr höhere Niederschläge möglich werden, können kleinere bis mittlere Hochwasser häufiger auftreten. Aussagen zur Veränderung der Auftretenshäufigkeit von extremen Hochwassern sind noch nicht möglich. In der **Speicherbewirtschaftung** (v. a. Talsperren) werden positive Entwicklungen im Wasserdargebot im hydrologische Winterhalbjahr kompensiert durch **stärkere Nutzungsansprüche** und Zuschüsse zur Zeit des sommerlichen Niedrigwassers. Vorhandene konkurrierende Nutzungsansprüche können sich verstärken: So könnten vorhandene Hochwasserschutzräume vergrößert werden, was zu Lasten des normalbetrieblichen Speichervolumens geht. Höhere Abgaben und damit niedrigere Wasserstände im Sommer könnten hingegen der Freizeitnutzung entgegenstehen.

Eine signifikante Änderung der für die **Kanalnetz-Dimensionierung** relevanten statistischen Niederschlagsereignisse ist noch nicht nachweisbar. Gleichwohl wird eine Zunahme von Starkregen mit Schäden durch Überlastung im Kanalnetz wahrgenommen. Für die **Siedlungswasserwirtschaft** wird eine Intensitätssteigerung bei kleinräumlich begrenzten Niederschlagsereignissen erwartet. Trockene Sommer fördern Ablagerungen im Kanal.

Die Grundwasserstände sind in unbeeinflussten Gebieten ein Indikator für Veränderungen der Grundwasserneubildung. Beobachtet wird ein leichter mittlerer Anstieg der Grundwasserstände um ca. 1cm/a. In einigen Gebieten haben offenbar die Grundwassertemperaturen leicht zugenommen. Auswirkungen auf den chemischen Zustand des Grundwassers sind nicht festzustellen. Eine **geringe mittlere Erhöhung der Grundwasserneubildung** während der Grundwasserneubildungsphase im Winterhalbjahr und damit der Grundwasserstände wird erwartet in einer Größenordnung um bis zu 10 %. Kritisch muss die **Entwicklung der Nitrateinträge** in das Grundwasser bei tendenziell steigenden Bodentemperaturen beobachtet werden.

Hinsichtlich der **Wasserversorgungsmengen** werden insgesamt keine signifikanten Änderungen erwartet. Regional kann es bedingt durch eine **Veränderung der konkurrierenden Entnahmen** jedoch zu Wassermangel kommen (z. B. durch Zunahme der landwirtschaftlichen Bewässerung). Auch sind im Sommer aufgrund einer Erhöhung der Konzentrationen aller Wasserinhaltsstoffe der Oberflächengewässer Auswirkungen auf die Reinigungsleistung des Untergrunds bei der Uferfiltratgewinnung nicht auszuschließen.

Eine Auswertung der **Gewässertemperaturen des Rheins** seit 1978 an der Wasserkontrollstation Kleve-Bimmen lässt eine Tendenz der Zunahme der Jahresmitteltemperatur sowie der maximalen Temperaturwerte erkennen. Die mittlere Wassertemperatur hat in den letzten Jahren um durchschnittlich +1,2 Grad zugenommen. Eine analoge Veränderung ist auch für andere Gewässer zu beobachten. **Temperaturänderungen der Gewässer** führen aufgrund der Temperaturabhängigkeit biologischer Prozesse zu geänderten Stoffkreisläufen und Angeboten an Nahrungsquellen, Sauerstoffmangelsituationen, Verschiebungen in der Artenzusammensetzung, etc..

Hinsichtlich der chemischen Güte führt eine geringere Wasserführung im Sommer bei unverminderter Einleitung von Schadstoffen grundsätzlich zu einer **Erhöhung der Konzentrationen** aller Wasserinhaltsstoffe. Zunehmende Zeiten direkter Sonneneinstrahlung und ansteigende Lufttemperaturen führen zu einem **vermehrten natürlichen Wärmeeintrag** in die Gewässer. Dieser Vorgang zieht unmittelbar einen erhöhten Kühlwasserbedarf für Industriebetriebe und Kraftwerke nach sich. Insgesamt ist

daher anzunehmen, dass es zu einer weiteren **Zunahme der mittleren und maximalen Fließgewässertemperaturen** und zur **Ausdehnung von Perioden mit sehr hohen Wassertemperaturen** kommen kann. Gleichzeitig werden höhere Wassertemperaturen zu negativen **Veränderungen des Sauerstoffhaushaltes** in den Fließgewässern führen.

Durch die Gewässererwärmung werden **Eutrophierungsprobleme** in Stillgewässern und Seen häufiger. Es ist zu erwarten, dass die auf sommerkühle Gewässer eingestellten Lebensgemeinschaften durch die sich abzeichnenden Temperaturerhöhungen in Vitalität und Fortpflanzungserfolg besonders stark beeinträchtigt werden.

b) Anpassungsoptionen und Forschungsbedarf

Die seit 2001 zur Verfügung stehende „**Digitale Karte der hochwassergefährdeten Bereiche**“ sowie die **Hochwasseraktionspläne und -gefahrenkarten** erlauben der Öffentlichkeit und den Fachbehörden sich zu hochwassergefährdeten Zonen im Lande und zu entsprechenden Maßnahmen zu informieren. Dabei werden auch Betrachtungen berücksichtigt, die über das 100-jährliche Hochwasser hinausgehen. Sie beziehen ein „Extremhochwasser“ und dessen räumliche Auswirkungen mit ein. Leitgedanke ist hierbei, aufzuzeigen, dass es immer auch Hochwasser jenseits eines ein Mal in einhundert Jahren auftretenden Hochwassers geben kann.

Um auf Veränderungen der Parameter des Wasserhaushaltes reagieren zu können, ist die **Verfügbarkeit gemessener und berechneter Grundlagendaten** zu gewährleisten. Die Auswertungen und statistische Analysen der zahlreichen langjährigen Beobachtungen an Pegeln und Niederschlagsmessstellen sind für **hydrologische Modellrechnungen** erforderlich. Die Modelle sind Voraussetzung für die anzustrebende Durchführung von **Risikobetrachtungen und Grenzwertuntersuchungen**.

Auch die Veränderung von kleineren, aber häufigeren Hochwassern ist zu untersuchen. Deren Schäden können sich bzgl. des mittleren jährlichen **Schadenserwartungswertes** als ebenso schwerwiegend erweisen, wie das sehr seltene „Extremhochwasser“.

Die im **Hochwasserschutzkonzept Nordrhein-Westfalen** und in den bestehenden Hochwasseraktionsplänen vorgeschlagenen Maßnahmen, z. B. Schaffung von Retentionsräumen, Reaktivierung von Auen, technischer Hochwasserschutz wie Deichertüchtigung oder mobile Wände, aber auch dezentrale Maßnahmen, sind möglichst zügig zu konkretisieren, zu planen und umzusetzen.

In der **Siedlungswasserwirtschaft** ist es erforderlich, die Auswertung von Zeitreihen des Niederschlags im Hinblick auf die maßgebenden **Starkregenereignisse** und deren

extremwertstatistische Parameter zu intensivieren. Dementsprechend sind Kanalnetzrechnungsmodelle sowie hydrologische Gebietsmodelle anzupassen und zur Abschätzung von Auswirkungen anzuwenden. Die Kanalnetzdimensionierung sowie die Berechnung von Regenrückhaltungen und Regenwasserbehandlungen müssen an die neuen Gegebenheiten hinsichtlich Niederschlagshöhe und -intensitäten und deren Jährlichkeiten angepasst werden.

Zur Ermittlung der bisherigen Auswirkungen des Klimawandels auf das Grundwasser sind Auswertungen der zahlreich verfügbaren Grundwasserganglinien erforderlich. Auf der Basis detaillierter, regionaler Klimaprognosen sollten dann die Auswirkungen auf **Grundwasserneubildung** und **Grundwasserstände** regional abgeschätzt werden. Ziel ist die Erkennung von Problemgebieten. Weitergehender Forschungsbedarf zur **Grundwasserbeschaffenheit** besteht im Hinblick auf die Entwicklung der Nitratkonzentrationen im Grundwasser.

Für die Wasserversorgung ist es insbesondere in problematischen Gebieten erforderlich, **Wasserbilanzen** durchzuführen. Die Effektivität der Uferpassage bei der Uferfiltration bzw. künstlichen Grundwasseranreicherung muss unter Annahme höherer Schadstoffkonzentrationen im Oberflächenwasser modelliert und geprüft werden. Des Weiteren muss überprüft werden, in welchen Gewinnungsgebieten es infolge zunehmender Hochwässer zu einem verstärkten Oberflächenwasser-Durchbruch kommen kann.

An Gewässern mit Bedeutung für die öffentliche Trinkwassergewinnung gibt der zu erwartende erhöhte Kühlwasserbedarf Anlass zu einer intensiveren wasserwirtschaftlichen Planung, um die **Trink- und Brauchwasserversorgung** in quantitativer und qualitativer Hinsicht nachhaltig zu sichern. In für Trinkwasserversorgung und Landwirtschaft relevanten Gebieten sollten **Grundwasserbilanzen** erstellt werden, die auch den zu erwartenden Mehrbedarf für die landwirtschaftliche Bewässerung einkalkulieren.

Die **Bewertungsindikatoren** der EU-Wasserrahmenrichtlinie zum **Gewässerzustand** werden auch durch klimatologische Änderungen grundsätzlich beeinflusst, so dass die nach dieser Richtlinie festzulegenden Entwicklungs- und Bewirtschaftungsziele in die Klimastrategie einzubinden sind. Die Entwicklung von **Szenarien für die Gewässertemperaturentwicklung** und die mögliche Auswirkung der Erhöhung von mittleren und extremen Wassertemperaturen auf Gewässerbiozöten sind näher zu untersuchen. Zudem wird die Erforschung von Wirkungsketten (z. B.: Entwicklung der Globalstrahlung, Sonnenscheindauer und Lufttemperaturen im Hinblick auf Wassertemperaturen) notwendig sowie die Reaktion der **Sensitivität von Biozöten des**

Gewässers und der Aue auf Veränderungen mittlerer Abflüsse/Überstauhäufigkeiten und -höhen als notwendig erachtet.

Die **Überwachungsprogramme zur Wasserqualität** des Landes sollten durch weitere Messungen und Übernahme von (Alt-)Datenbeständen intensiviert werden. Trendanalysen sollen auch die Folgen des Klimawandels hinsichtlich „neuer“ Schadstoffe (Arzneimittel, „neue“ pathogene Keime, Folgen einer relativen Stoffanreicherung in Trockenperioden etc.) in Gewässern besser abschätzen helfen.

3. Naturschutz und Biodiversität

a) Folgen des Klimawandels

Die Veränderungen der Temperatur- und Niederschlagsverhältnisse sowie die zunehmende Häufigkeit von Extremereignissen haben einen direkten Einfluss auf Jahresrhythmus, Verhalten, Fortpflanzung, Konkurrenzfähigkeit und Nahrungsbeziehung von Arten. Dies führt zu **Arealverschiebungen von Arten und Ökosystemen**. Dies betrifft besonders Arten mit einem engen ökologischen Toleranzbereich, insbesondere Kälte- und Feuchtigkeit liebende Arten, sowie Arten mit eingeschränkter Migrationsfähigkeit. Was Ökosysteme angeht, gelten Gewässerökosysteme, Feuchtgebiete und Waldökosysteme als besonders anfällig.

In den letzten drei Jahrzehnten ist bereits eine deutliche **Ausbreitung von Wärme liebenden Arten** (v. a. mediterranen und submediterranen Arten) zu verzeichnen. Zahlreiche Beispiele gibt es bei Vögeln (z. B. Bienenfresser), Libellen (z. B. Feuerlibelle), Heuschrecken (z. B. Weinhähnchen) und Spinnen (z. B. Wespenspinne). Beginnend im Tiefland entlang der großen Flusstäler von Rhein, Sieg und Lippe, ist die Ausbreitung jetzt bereits im Mittelgebirgsraum zu beobachten.

Wärme liebende, gebietsfremde Arten (Neobiota) können sich z. T. erst durch die Temperaturerhöhung etablieren, expandieren und so die einheimischen Lebensgemeinschaften nachhaltig verändern. Unter bestimmten Umständen können Neobiota sich zu so genannten „invasiven Arten“ entwickeln, die die gewachsene heimische Biodiversität dauerhaft gefährden. Vor diesem Hintergrund ist die **künstliche Einbringung** gebietsfremder Arten aus der Sicht des Naturschutzes im Sinne einer vorbeugenden Risikoversorge immer auch kritisch zu begleiten.

Deutliche Auswirkungen des Klimawandels können auch bei der Phänologie von Tieren festgestellt werden. Dies betrifft z. B. die **Vogelzugzeiten** mit einer Vorverlagerung des Frühjahrszuges und einer Verlegung des Herbstzuges nach hinten. So verlagerte sich bei drei Wasserläuferarten in den Rieselfeldern Münster der Frühjahrs- und Herbstzug seit den 70er Jahren bis heute um mehrere Wochen nach vorne bzw. hinten. Bei

zahlreichen Vogelarten konnte weiterhin eine **Vorverlegung der Brutzeit** und Änderung des Zugverhaltens bzw. der Überwinterungsstrategien festgestellt werden. Bei einigen Amphibienarten führte der Klimawandel bereits zur Vorverlegung der Laichzeit. Bestandsrückgänge von Kälte liebenden Arten, die eindeutig auf Temperaturerhöhung zurückgehen, wurden bisher nicht nachgewiesen.

Nach Modellrechnungen können in Deutschland zwischen 5 und 30% der vorhandenen Arten vom Aussterben betroffen sein. Mittel- bis langfristig folgen dem Klimawandel erhebliche **Auswirkungen auf die Zusammensetzung der Lebensgemeinschaften** und es wird mit einem **Rückgang der Biodiversität** gerechnet.

b) Anpassungsoptionen und Forschungsbedarf

Grundsätzlich sind Maßnahmen besonders wirkungsvoll, die die Dynamik der Ökosysteme ermöglichen und zusätzliche Belastungen aus anderen Quellen minimieren. Da die Natur auf Veränderungen dynamisch reagiert, sind z. B. temperaturbedingte Ausweich- und Wanderbewegungen von Arten zu gewährleisten. Eine zentrale Rolle spielen hierbei der Erhalt und der **Aufbau eines wirksamen Biotopverbundes** mit großflächigen Schutzgebieten entsprechender Qualität. Die Durchlässigkeit für Arten muss durch Beseitigung von Barrieren sowohl im terrestrischen als auch im aquatischen Bereich gewährleistet werden. Bedeutende Maßnahmen sind auch die **Stabilisierung des Wasserhaushaltes in Feuchtgebieten** sowie die **Rückgewinnung von Auen, Fließgewässerrenaturierungen** und **Waldvermehrungen** an geeigneten Standorten.

Bei bestimmten Problemarten unter den **Neobiota** sollten vorsorgende Maßnahmen ergriffen werden. In Schutzgebieten sollte grundsätzlich auf das Einbringen von gebietsfremden Arten wie z. B. Robinie und Douglasie verzichtet werden.

Weiterhin sollten anthropogen bedingte Temperatur-Erhöhungen durch Kühlwasser-einleitungen in Gewässer möglichst reduziert werden.

Die **Stabilisierung des Wasserhaushaltes** für Naturschutzmaßnahmen, Maßnahmen in Auen und Gewässern, erfordern eine enge Zusammenarbeit zwischen Wasserwirtschaft und Naturschutz. Hier sollen Synergien mit den Zielen der Wasserrahmenrichtlinie und des Hochwasserschutzes, z. B. durch Erarbeitung gemeinsamer Wasserhaushaltskonzepte zur Sicherung und Entwicklung von Feuchtgebieten und Gewässern sowie Aktivierung vorhandener Auenbereiche, ausgeschöpft werden.

Um die Auswirkungen des Klimawandels und die Wirksamkeit von Maßnahmen zu erfassen und darauf aufbauend z. B. Anpassungsmaßnahmen zu modifizieren oder zu entwickeln, ist ein landesweites und bundesweit abgestimmtes, **umfassendes Kli-**

mafolgenmonitoring erforderlich. Im Bereich Natur/Biodiversität kann auf vorhandene Messprogramme, wie das Biodiversitätsmonitoring / Ökologische Flächenstichprobe, das Umweltmonitoring im Wald und das Monitoring im Zusammenhang mit der Wasserrahmenrichtlinie aufgebaut werden. Teilweise ist eine Ausweitung der Monitoring-Programme unter besonderer Berücksichtigung klimarelevanter Artengruppen und Lebensräume erforderlich.

4. Landwirtschaft

a) Folgen des Klimawandels

Die Landwirtschaft wird durch die Änderungen der meteorologischen Parameter, wie Temperatur im Jahresverlauf und -durchschnitt, Niederschlagshöhe und -verteilung, Sonnenscheindauer und die CO₂-Konzentration in der Atmosphäre maßgeblich beeinflusst. Zahlreiche Wechselwirkungen zwischen diesen Faktoren führen zu unterschiedlichen Auswirkungen auf Anbau und Wachstum von Kulturpflanzen.

Bereits heute ist eine **Verschiebung von Anbauzonen** zu beobachten. So hat sich im rechtsrheinischen Höhegebiet in ehemals ausgeprägten Grünlandregionen die Anbausicherheit für Silomais erhöht. Auch die **Ausbreitung Wärme liebender Arten** bei Pflanzen und Tieren in landwirtschaftlichen Ökosystemen kann bereits festgestellt werden. Beide Entwicklungen dürften langfristig zunehmen.

Im Pflanzenbau wird es zu einer weiteren Verlagerung von Anbauzonen kommen. Es erfolgt eine Flächenausweitung, die einen verstärkten **Anbau Wärme liebender Kulturen**, wie Sonnenblumen, Leguminosen und Mais ermöglicht. Das größere Wärmeangebot verursacht eine verfrühte Abreife bei Getreide. Das Sortenangebot wird an die geänderten klimatischen Bedingungen (größere Wärme und geringerer Niederschlag in der Vegetationszeit) angepasst werden.

Mit der Verlängerung der Vegetationsperiode geht ein **früherer Eintritt von Entwicklungsstadien** einher. Dabei ist der immer frühere Blühbeginn (wie z. B. bei Äpfeln und anderen Obstsorten) mit dem erhöhten Risiko von Schäden durch Spätfröste verbunden. Gleichzeitig zieht die Verlängerung der Vegetationszeit in Frühjahr und Herbst eine **Verlängerung der Weideperiode** nach sich und wird z. B. Drei- bis Vierschnittssysteme im Grünland ermöglichen.

Durch die Abnahme der Anzahl der Frosttage müssen **Bodenbearbeitungsverfahren**, die zur Zeit noch auf tief reichende Bodenfröste ausgerichtet sind, überdacht und ggf. durch alternative Verfahren ersetzt werden.

Durch den erwarteten Anstieg von Starkregenereignissen wird die **Erosionsgefährdung** durch Wasser zunehmen.

Die Auswirkungen Standort bedingter Nachteile, wie z. B. bei der Einschränkung der **Bodenwasserversorgung**, kommen bei Sommertrockenheit wesentlich stärker zum Tragen. In Nordrhein-Westfalen zeichnen sich im Gebiet der linksrheinischen Zülpicher Börde, dem Leebereich der westlich vorgelagerten Eifel, Niederschlagsdefizite ab. Ähnlich trockenheitsgefährdet sind schwachgründige Böden des linken Niederrheines und im ostwestfälischen Raum.

In der **Tierhaltung** ist mit einer **erhöhten Seuchengefahr** zu rechnen. Die Übertragsvektoren für Tierseuchen (z. B. durch bisher nicht heimische Mückenarten) können über Winddrift verbreitet und z. B. durch warme Südwestwinde nach Nordrhein-Westfalen verweht werden, wo sie künftig bessere Überlebenschancen (auch über den Winter) finden könnten. Gleiches gilt für eingeschleppte Arten in Folge von Globalisierungseffekten, die auf Grund veränderter Klimabedingungen sich neue Lebensräume in Nordrhein-Westfalen erschließen können (Vektor zur Übertragung z. B. der Blauzungenkrankheit).

b) Anpassungsoptionen und Forschungsbedarf

Pflanzenbauliche Strategien, angefangen von der Auswahl der geeigneten Arten und Sorten, Aussaat- und Erntetermine, Wachstumssteuerung durch Düngung und Pflanzenschutz bis zur Bodenbearbeitung müssen weiterentwickelt und an die klimatischen Bedingungen angepasst werden. Da die Auswirkungen regionalspezifischer Unterschiede in den Standortfaktoren wie z. B. Bodenstruktur oder Höhenlage durch die erwarteten Effekte verstärkt werden, sollten Anpassungsstrategien spezifisch auf die Bedingungen in den einzelnen Anbauregionen ausgerichtet sein.

Um mögliche Auswirkungen des Klimawandels auf landwirtschaftliche Erträge in Nordrhein-Westfalen abschätzen zu können, sollen Klimaprognosen für die einzelnen Landschaftsräume in Nordrhein-Westfalen mit detaillierten Landnutzungskarten der einzelnen Naturräume und Anbauregionen verschnitten werden. Mittels Ertragsmodellen, mit deren Hilfe Wachstum und Ertrag der wichtigsten Feldfrüchte unter den zu erwartenden regionalspezifischen Randbedingungen modelliert werden, können Aussagen zu möglichen Auswirkungen in den einzelnen Agrarregionen abgeleitet werden. So können **regionale Anbaustrategien** erarbeitet und in Empfehlungskarten dokumentiert werden.

Angesichts der voraussichtlich ansteigenden Erosionsgefährdung werden die **Weiterentwicklung und -verbreitung von konservierenden Bodenbearbeitungsverfahren**

im Ackerbau zunehmend bedeutsam. Sie tragen zum Humusaufbau bei (langfristige CO₂-Bindung im Boden), senken zusätzlich den Energiebedarf und kommen so gleichzeitig dem Klimaschutz zu Gute.

Bei Anbau und Einsatz von Energie- und Rohstoffpflanzen ist darauf zu achten, dass eine Ausweitung der Flächen andere Umweltprobleme nicht wesentlich verstärkt (z. B. kann zunehmender Maisanbau zur Biogaserzeugung die Erosionsgefährdung stark erhöhen).

Bei der Anpassung an den Klimawandel ist eine landwirtschaftliche Produktion und Bewirtschaftung durchzuführen, die auch die anderen Umweltentwicklungen mit beachtet (**Agrarumweltmaßnahmen**). Möglichkeiten, ob und inwieweit über Futtermittelzusätze zur **Minderung der Methanemissionen** aus der Tierhaltung beigetragen werden kann, sind noch zu untersuchen.

5. Forstwirtschaft

a) Folgen des Klimawandels

Die Klimaveränderung wird sich auf den **Gesamtwasserhaushalt** (Klima und Boden) des jeweiligen Standortes und die Länge der **Vegetationszeit** auswirken. Beide Merkmale bedingen eine verstärkte **Dynamik** in unseren Wäldern, eine Veränderung der **Konkurrenz zwischen Baumarten** und eine deutliche **Verschiebung der standortgerechten Verbreitung von Waldbaumarten** in Nordrhein-Westfalen.

Der Klimawandel bewirkt **Chancen und Risiken** für die Waldwirtschaft. Erhöhte Risiken für Baumarten bzw. die Waldwirtschaft bestehen dort, wo derzeit schon Gesamtwasserhaushaltsstufen als mäßig frisch bis sehr trocken eingeschätzt werden. Durch eine weiter verlängerte Vegetationszeit steigt insbesondere auf flachgründigen Böden das Risiko für **Wasserstress** und die Vitalität von Waldbäumen wird vermindert. Die **Beeinträchtigung der Vitalität** der Baumarten macht sie gleichzeitig anfälliger gegenüber weiteren Stressoren. Ein Beispiel hierfür sind Fichten, die besonders empfindlich auf Wassermangel reagieren. Bei warmer Witterung werden sie schnell von Borkenkäfern befallen und durch diese zum Absterben gebracht.

Auf gut wasserversorgten Standorten besteht die Chance bei steigenden Temperaturen weiterhin hohe bzw. steigende **Biomassezuwächse** zu erzielen. Zudem dürfte sich das Spektrum standortgerechter Baumarten um solche mit einem erhöhten Wärmeanspruch für einige Waldflächen erweitern. Beispiele hierfür sind Robinie und Esskastanie in Höhenlagen bis ca. 400 m und Traubeneiche in den Hochlagen des Saarlandes.

Ein wärmeres Klima hat auch zur Folge, dass **Organismen** mit einem **erhöhtem Wärmeanspruch** ihr **Verbreitungsgebiet erweitern** bzw. an Gefährlichkeit zunehmen. So treten Pilzinfektionen auf Grund milder, feuchter Winter häufiger auf. Insekten und Pilze können z. T. erhebliche **Schäden in Wäldern** verursachen, die bis hin zum Absterben ganzer Bestände führen.

In Zusammenhang mit dem Klimawandel wird die Zunahme von extremen **Sturm-wetterlagen** prognostiziert. Aktuell beherrschen die Auswirkungen des Sturmtiefes „Kyrill“ vom 18. Januar 2007 die Aktivitäten der Forstwirtschaft in Nordrhein-Westfalen. Allein in Nordrhein-Westfalen sind rd. 15 Mio. Kubikmeter Sturmholz angefallen. Dies entspricht mehr als dem dreifachen Jahreseinschlag. Die Folgen dieses Ereignisses, wie Aufarbeitung und Vermarktung des Sturmholzes und anschließende Wiederbewaldung werden die Forst- und Holzwirtschaft in den nächsten Jahren bestimmen.

Nahezu 90 % der Kyrill-Schadflächen liegen im Privat- und Kommunalwald. Zur Beratung und als Entscheidungshilfe für Waldbesitzer wurde das Fachkonzept „Empfehlungen für die Wiederbewaldung der Orkanflächen in Nordrhein-Westfalen“ erarbeitet. Die heute erkennbaren notwendigen forstlichen Anpassungsmaßnahmen an die Auswirkungen des Klimawandels sind hier bereits berücksichtigt. Nur mit Baumarten, die an den Standort sowie an den Boden und das Klima, auch das künftige Klima, optimal angepasst sind, können stabile, wertvolle und leistungsfähige Wälder entstehen. Vorausschauende Baumartenwahl, Erweiterung des Baumartenspektrums, Mischbestände und die verstärkte Einbeziehung trockenheitstoleranter Baumarten lassen vitale Wälder für die Zukunft erwarten.

b) Anpassungsoptionen und Forschungsbedarf

Um die Wälder an den Klimawandel auch im Hinblick auf extreme Witterungssituationen anzupassen, ist vorgesehen, die **Waldentwicklung** mit Baumarten zu realisieren, die unter den veränderten Bedingungen standortgerecht sind. Baumarten sind dann standortgerecht, wenn die bekannten ökologischen Ansprüche der Baumart bzw. des Baumbestandes mit den erfassten Standorteigenschaften (Umweltbedingungen) möglichst vollständig übereinstimmen, die Baumart vital und stabil erwächst und keine negativen Einflüsse auf den Standort hat. Erste Ergebnisse zur **Erforschung der Klimafolgen auf den Wald** liegen bereits vor hinsichtlich der Auswirkungen auf den Waldstandort und die Baumartenwahl.

Da sowohl die Länge der Vegetationszeit als auch der Gesamtwasserhaushalt wichtige Zielgrößen der **forstlichen Standorterkundung** sind, kann mit den dort angewandten Methoden abgeschätzt werden, welche Auswirkungen Klimaänderungen auf diese Merkmale und auf die Wuchsleistung und Vitalität der Waldbäume erwarten lassen. Um

zudem Waldflächen zu erkennen, die durch einen Klimawandel besonders betroffen werden, stehen die Werkzeuge der **forstlichen Standortklassifikation** zur Verfügung. Hiermit können zum einen **Szenarien der erwarteten Standortentwicklung** berechnet werden und zum anderen geprüft werden, welche Baumart am konkreten Ort standortgerecht ist. So erkannte Flächen mit nicht standortgerechten Baumarten können dann vorrangig für einen Waldumbau vorgesehen werden. Ein Beispiel wäre ein Fichtenbestand auf einem flachgründigen, westexponierten Hang, der aufgrund der verlängerten Vegetationszeit einen erhöhten Wasserbedarf hat und zunehmend unter Wasserstress leiden wird. Auf derartigen Flächen sollte ein **Waldumbau** erfolgen und die Fichte durch die an diese Standortbedingungen besser angepasste Baumarten wie Douglasie, Traubeneiche oder Rotbuche ersetzt werden, sofern hier keine Konkurrenzen zu anderen Nutzungs- oder Schutzziele bestehen.

Neben dieser durch Klimaänderung bewirkten Dynamik der Waldstandorte und der Waldtypen ist schwer einzuschätzen, wie **Insekten, Pilze u.a.** mit einem **erhöhten Wärmeanspruch** sich in den Wäldern ansiedeln und welche Wirkung sie auf Waldbäume und andere Elemente des Waldökosystems entfalten. Erste Beobachtungen zeigen jedoch, dass es dringend erforderlich ist, die Aufgaben des **Forstschutzes** bzw. ein umfassendes **Waldmonitoring** in Zukunft intensiver durchzuführen. Nur so kann auf unerwartete Entwicklungen im Wald schnell und zielgerichtet reagiert werden.

Weiterer Forschungs- und Untersuchungsbedarf ist bei folgenden Themen gegeben:

Der Beitrag des Forstes zum Klimaschutz ist durch Forschung in den Bereichen der **Bereitstellung zusätzlicher Holz- (Biomasse-)mengen** und bei der Holz- (Biomasse-)ernte und dem Transport zum Verbraucher zu unterstützen. Zu klären ist auch die mit der Rückführung von Mineralstoffen (Holzaschen) in den Wald verbundene Problematik. Bei der Anlage hochproduktiver Wälder ist unter Beachtung der Belange des Naturschutzes eine offene Prüfung von Baumarten aus anderen Regionen für einen standortgerechten Anbau durchzuführen, um zu einer nachhaltigen Substitution von fossilen Energieträgern durch Biomasse aus dem Wald beizutragen.

Um die **Eignung von Baumarten aus anderen Regionen** für einen standortgerechten Anbau in Nordrhein-Westfalen besser beurteilen zu können, sollten bereits existierende **Versuchsanbauten** wald- und ertragskundlich aufgenommen werden. Zudem sollten neue Versuchsanbauten mit geeigneten Baumarten angelegt werden.

Maßnahmen zur **Erhöhung der Abwehrkräfte** gegen Schadorganismen sind zur Sicherung der Waldbestände notwendig und sind ein Beitrag auch zur Sicherung der Anpassungskräfte der Wälder an den Klimawandel.

Für Nordrhein-Westfalen liegen Ergebnisse in Form von **Karten und Tabellen zum Gefährdungsgrad von Wäldern** in Bezug auf Klimaänderungen vor. Diese Resultate sollten durch weitere Untersuchungen landesweit ergänzt werden. Hierin sollte mit Hilfe der Merkmale Standort (im weiteren Sinne), Baumart und Alter die Anfälligkeit von Wäldern, insbesondere im Bergland von Nordrhein-Westfalen, auch gegenüber extremen Witterungsereignissen und deren Folgewirkungen bewertet werden. Es bietet sich dabei an, die Erkenntnisse der Standorterkundung mit hochauflösenden, regionalen Klimaszenarien zu verbinden.

Es sind **Prognosen** zu erarbeiten, wie sich vorhandene Waldtypen bei Berücksichtigung von Klimaszenarien weiterentwickeln. Derartige Informationen sind unentbehrlich für den Schutz von z. B. Buchenwäldern in nationalen und internationalen Schutzgebieten.

6. Jagd

a) Folgen des Klimawandels

Klimatische Veränderungen können einen direkten Einfluss auf Nahrungsangebot, Fortpflanzungserfolg und Reproduktion, Lage und Größe von Aktionsräumen sowie klein- und großräumige Wanderungsbewegungen von jagdbarem Wild haben. In der Regel sind von derartigen Veränderungen Wildarten mit hoher Sensibilität, besonderer Spezialisierung für einen Lebensraum oder eine Nahrungsquelle sowie mit zahlenmäßig geringer Populationsdichte stärker betroffen als andere Arten. Zur Zeit ist nicht erkennbar, dass jagdbare Wildarten in Nordrhein-Westfalen hinsichtlich Verbreitung, genutzten Lebensräumen und Bestandsdichte auf den bisherigen Klimawandel reagiert haben.

b) Anpassungsoptionen und Forschungsbedarf

Die **Vernetzung von Wildtierlebensräumen** durch ein geeignetes Biotopverbundsystem in Verbindung mit Querungshilfen (Wildbrücken, Wilddurchlässe) an geeigneten Stellen im Straßen- und Schienenverkehrsnetz soll sicherstellen, dass bodengebundene Wildarten ihre Verbreitungsgebiete geänderten klimatischen Bedingungen anpassen können.

Mit der **Anpassung der gesetzlichen Regelungen zur Bejagung und Hege von Wildtierbeständen** kann auf etwaige klimabedingte Verhaltensänderungen von Wildtierbeständen reagiert werden. Davon betroffen sind z. B. Jagd- und Schonzeiten. In die Empfehlungen zur Bejagung und Hege können z. B. Hinweise zur Auswahl von Pflanzenarten bei Lebensraum verbessernden Maßnahmen im Rahmen der **Reviergestaltung** mit aufgenommen werden.

Auf Basis historischer Daten werden der gegenwärtige Zustand und mögliche Veränderungen dazu beobachtet. Die Informationen stammen aus der **Jagdstatistik**, den **Bestandserhebungen** zu ausgewählten Wildarten und Untersuchungen zu deren Verhalten, ihrer Beziehung zur Vegetation, dem Auftreten von Wildkrankheiten usw. Diese Beobachtungen sollen fortgeführt werden. Sie können die Basis für ein umfangreiches **Wildtier-Monitoring** bilden, das auch Aufschluss gibt über die Auswirkungen des Klimawandels auf jagdbare Arten.

Forschungsbedarf besteht besonders im Bereich der vom Klimawandel begünstigten Vektoren für die Übertragung von **Wildkrankheiten** sowie hinsichtlich deren vorbeugenden Bekämpfung.

7. Fischerei

a) Folgen des Klimawandels

Aus den vorliegenden Daten lassen sich bisher eingetretene Veränderung der Fischfauna in Art und Anzahl der Individuen und ihrer Arealgröße nicht in Beziehung zu den Änderungen des Klimas setzen. Temperaturanstiege in Gewässern führen aufgrund der Temperaturabhängigkeit biologischer Abbauprozesse zu Veränderungen der Stoffkreisläufe, des Sauerstoffgehaltes sowie zu einem veränderten Angebot an Nahrungsquellen. Über diese Zusammenhänge kann sich indirekt die **Artenzusammensetzung** eines Gewässers verschieben.

Mit der Temperaturzunahme in den Gewässern, insbesondere bei längeren Warmperioden im Sommer mit niedriger Wasserführung, werden sich die **Lebensraumgrenzen** besonders auf sommerkühle Fließgewässer eingestellter Arten **bachaufwärts** verschieben. Damit verringern sich die besiedelbaren Gewässerabschnitte oder gehen für diese Arten vollständig verloren. Verschärft wird das Problem dadurch, dass ein Zurückweichen der Arten an zahlreichen Gewässern durch Querverbauungen erschwert oder behindert wird. In Gebirgslagen mit schwachem Retentionsverhältnis können niederschlagsarme Zeiten zusätzlich zum Trockenfallen der Fließgewässer und zu temporärem Lebensraumverlust führen. Umgekehrt können sich wärmetolerante Arten (wie z. B. Wels oder Rotauge) weiter ausbreiten. Mit erhöhten Wassertemperaturen gehen ein beschleunigter Stoffwechsel und eine Mineralisierung von Schadstoffen einher. Temperaturänderungen beeinflussen die Vitalität von Fischen. Bei temperaturbedingtem Stress leidet das Immunsystem, das Ausbrechen bestimmter Krankheiten und Parasitosen wird begünstigt. Der vermehrte Eintrag löslicher Stoffe in die Gewässer infolge von Erosion und Bodenverdichtung vermindert die Qualität der Laichhabitate von Fischen, die auf sauerstoffhaltige Kieslückensysteme angewiesen sind.

b) Anpassungsoptionen und Forschungsbedarf

Die Einrichtung von festen **Messstrecken für die Fischfauna** im Zuge der Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie eröffnet die Möglichkeit der Verbesserung der derzeit statistisch unzureichenden Datenlage.

Um die Anpassungsfähigkeit von Fischen gegenüber dem Klimawandel zu erhöhen, sind indirekte Maßnahmen möglich. So erleichtert der Rückbau von Querverbauungen das Ausweichen der betroffenen Arten bei einer Verschiebung der Lebensraumgrenzen. Die **Renaturierung von Gewässerabschnitten** kann durch Verlängerung der Fließgewässerstrecken, durch das Zulassen von Mäandern, durch die Anlage von Randstreifen mit Beschattung sowie den Verzicht auf Maßnahmen, die zur sofortigen Abführung der Niederschläge führen, die gewässerökologischen Grundsituationen verbessern. In ein Maßnahmenkonzept einzubinden ist auch die **Verbesserung der Wassermengenretention** in den Oberläufen. Bei Wärmeeinleitungen von Kraftwerken und Industrie ist eine Verringerung der zusätzlichen Erwärmung der Gewässer anzustreben.

Forschungsbedarf besteht für die Klärung des Zusammenhangs zwischen den biologischen Komponenten gemäß der Wasserrahmenrichtlinie sowie der Wasserführung und Temperatur im Jahresgang, dem Geschiebe- und Totholztransport und damit der freien morphologischen Dynamik von Fließgewässern und der daraus resultierenden Diversität der Lebensräume. Damit verbunden sind Untersuchungen zum Wärmehaushalt der Gewässer unter Berücksichtigungen der Sohl-, Ufer- und Umfeldvegetation sowie anthropogener Einflüsse, wie Kühlwassereinleitungen und ihre Auswirkungen auf Fischbestände einschließlich der Verbreitung von Fischkrankheiten und Parasitosen.

8. Gesundheit der Bevölkerung

a) Folgen des Klimawandels

Nach dem derzeitigen Stand ist die wichtigste direkte Auswirkung des Klimawandels auf den menschlichen Organismus die Belastung durch **Hitze**. Sie wirkt sich v. a. auf das Herz- und Kreislaufsystem aus und kann bis zum Tode führen. In deutlicher Erinnerung ist die Hitzewelle in 2003.

Hitzeperioden gehen außerdem in den Ballungsräumen in der Regel mit einem Anstieg der Luftschadstoffe Ozon und Schwebstaub einher. Mit der prognostizierten Zunahme der Sommer- und Tropentage vor allem in der Niederrheinischen Bucht und den Ballungsräumen ist mit einer verstärkten, sommerlichen Hitzebelastung zu rechnen.

Extreme Witterungsereignisse wirken verstärkend direkt und indirekt auf das Gesundheitsrisiko, zumal wenn Hochwasserkatastrophen, Wintereinbrüche oder Sturmergebnisse die gerade dann wichtige Infrastruktur zerstören und dadurch Hilfe- und Pflegeleistungen nicht oder nur eingeschränkt zur Verfügung stehen. So kann der weiträumige Ausfall oder die Abschaltung von Versorgungsinfrastruktur, die Beeinträchtigung von Trinkwasser- und Krankenhausversorgung u. a. gravierende gesundheitliche Folgen haben.

Die zunehmende Erwärmung kann langfristig zu einer **Ausbreitung von Krankheitserregern** aus den subtropischen Klimazonen in den mitteleuropäischen Raum führen, vor allem durch das vermehrte Auftreten bestimmter Überträger von Krankheitserregern. Hierzu zählen neben Zecken auch Mücken, so dass es zukünftig auch in NRW zur Verbreitung von FSME (Frühsommermeningoenzephalitis) und Malariaerkrankungen kommen kann. **Andere Infektionskrankheiten**, wie Durchfallerkrankungen, zeigen ebenfalls eine deutliche Temperaturabhängigkeit.

Gleichfalls sind indirekte Gesundheitsfolgen durch die Veränderung von Flora und Fauna nicht auszuschließen. So kann z. B. der frühere Eintritt und die längere Dauer der Blütezeit für PatientInnen mit Pollenallergie eine zeitliche Ausdehnung der symptomatischen Erkrankungsphasen bedeuten. Weiter können begünstigt durch mildere Temperaturen neue Allergie auslösende Pflanzen einwandern. Die Pollen der ursprünglich in Nordamerika beheimateten Beifuß-Ambrosie sind bekannt für ihr hochallergenes Potential.

Besonders betroffen von den zukünftigen Auswirkungen des Klimawandels auf die Gesundheit sind spezielle soziale Gruppen. So waren von den Hitzetodesfällen in 2003 überproportional häufig ältere und geschwächte Menschen in schlecht isolierten und schlecht ventilerten Dachgeschosswohnungen betroffen. Kältewellen sind Obdachlose besonders ausgesetzt.

b) Anpassungsoptionen und Forschungsbedarf

Die Hitzewelle in 2003 traf Deutschland relativ unvorbereitet. Es fehlte an Aufklärungs- und Vorsorgemaßnahmen sowie an Warnsystemen. Auf Bundesebene hat das Umweltbundesamt inzwischen bereits Maßnahmenvorschläge entwickelt. In Nordrhein-Westfalen wurde in der Zwischenzeit ein Hitzewarndienst eingerichtet: Bei vorhergesagter Hitzebelastung werden entsprechende Warnmeldungen vom Deutschen Wetterdienst (DWD) direkt an die zuständigen oberen und unteren Gesundheitsbehörden Nordrhein-Westfalens übermittelt. Des Weiteren ist eine Informationsseite zu den gesundheitlichen Auswirkungen von Hitze vom Landesinstitut für den öffentlichen Gesundheitsdienst (Iögd) Nordrhein-Westfalen eingerichtet worden (www.hitze.nrw.de). Dieses Internetangebot enthält, neben den auch geografisch

aufbereiteten Hitzewarnungen des DWD, Tipps zum Gesundheitsverhalten bei großer Hitze für die Allgemeinbevölkerung und Pflegekräfte sowie Informationen für Ärzte und den öffentlichen Gesundheitsdienst.

Ein Ausbau der **medizinischen Forschung** und ein intensives **Monitoring** mit Blick auf klimabedingte Krankheiten und Art und Umfang von Vorsorgemaßnahmen werden empfohlen. Eine vermehrte **Aufklärung** der Bevölkerung und **Schulung** des medizinischen Fach- und Pflegepersonals ist notwendig.

Eine **klimaorientierte Stadtplanung** mit **angepasster Architektur** ist künftig ebenfalls erforderlich. Wichtige Faktoren sind hierbei u. a. ausreichende Frischluftzufuhr, Kälteinseln, in Gebäuden ausreichende Isolation und Kühlmöglichkeiten.

Die Sicherstellung der Funktion von **Strom- und Telekommunikationsnetzen** gegen die Einflüsse extremer Witterungsbedingungen, insbesondere gegen Eisstürme und Hochwasser ist erforderlich. Ein effizientes **Krisenmanagement** im Falle heftiger Witterungsbedingungen setzt die kontinuierliche Optimierung der Katastrophenversorgung voraus, unter Einbeziehung der Erfahrungen vorangegangener Sturmereignisse, Hitze- und Kältewellen. Dabei sollten Vorsorge- und Schutzmaßnahmen speziell auf entsprechende Risikogruppen, wie z. B. ältere Menschen oder Obdachlose, ausgerichtet werden.

Einem im Zuge von Hitzeperioden möglichen Anstieg der sommerlichen Ozonwerte ist das bestehende Warnsystem ausreichend gewachsen. Ein Bedarf nach Veränderung oder Ausbau besteht nicht.

IV. Wege zu einer Anpassungsstrategie

Erkenntnisse

Die vorangegangenen Ausführungen auf Basis bereits bestehender Daten bzw. Beobachtungen zeigen,

- dass sich die Klimasituation in Nordrhein-Westfalen in den letzten Jahrzehnten spürbar verändert hat,
- dass mit weiteren Veränderungen der klimatischen Bedingungen in Nordrhein-Westfalen zu rechnen ist, und zwar in regional unterschiedlichem Ausmaß und in regional spezifischer Ausprägung,
- dass sich Folgen des Klimawandels in vielen Sektoren bereits feststellen lassen,
- dass die Datengrundlage und das Wissen zur Abschätzung der klimatischen Entwicklung in Nordrhein-Westfalen, zu den Folgen der Klimaänderung für die einzelnen Sektoren und zu den geeigneten Anpassungsmaßnahmen noch lückenhaft sind.

Grundlagen verbessern

Als Basis für eine Strategie zur Anpassung an den Klimawandel in Nordrhein-Westfalen sollen daher noch fehlende Informationsgrundlagen geschaffen und erforderliche Datenbestände gezielt ergänzt bzw. nutzbar gemacht werden.

Um eine möglichst präzise und kleinräumige Abschätzung der Klimaentwicklung in Nordrhein-Westfalen und seinen Teilregionen zu erhalten, sollen **belastbare Klimaprojektionen in hoher räumlicher Auflösung** erstellt werden. Hierzu ist eine verbesserte zeitliche und räumliche Differenzierung der Klimaaussagen erforderlich, damit diese Szenarien mit Landnutzungskarten bzw. mit besonders klimasensitiven Raumstrukturen kombiniert werden können. Dabei sind bereits vorhandene Messreihen und Klimaprojektionen auszuwerten, zu erweitern und zu ergänzen und über Datenbanken bzw. Geographische Informationssysteme nutzbar zu machen. Ziel ist die **Erarbeitung thematischer Risiko- und Empfehlungskarten** für Nordrhein-Westfalen.

Zur Vervollständigung der Daten und zur Verbesserung der Wissens- und Entscheidungsgrundlagen soll ein **aussagekräftiges, landesweites Klimafolgen-Monitoring-system** erarbeitet werden. Zu diesem Zweck sind bestehende Monitoringsysteme auf ihre Eignung zu prüfen und gegebenenfalls durch neue Indikatoren zu ergänzen. Dieses Monitoringsystem soll den Datenbedarf der verschiedenen Fachbereiche integra-

tiv erfassen und so Synergiepotenziale erschließen. Sinnvollerweise wird das Klimafolgen-Monitoring auch bundesweit abgestimmt.

Die erhobenen Parameter dienen der periodischen Erfassung und Dokumentation klimabedingter Veränderungen und ermöglichen es zusammen mit den o.a. Klimaprojektionen, Maßnahmenempfehlungen für Nordrhein-Westfalen und seine Regionen abzuleiten.

Erste Anpassungsschritte gehen bei Hochwasserschutz, Land- und Forstwirtschaft

Neben der Schaffung der o.a. Grundlagen zum Klimawandel, ist es sinnvoll, parallel bereits über Anpassungsstrategien nachzudenken. Auf Grund ihrer besonderen Bedeutung für Nordrhein-Westfalen sollen folgende inhaltliche Schwerpunkte in diesem Sinne vorrangig bearbeitet werden:

Hochwasserschutz

Für die Hochwasserschutzkonzeption Nordrhein-Westfalen sollen im Hinblick auf den Klimawandel für die großen Ströme (Rhein, Weser, Ems) und die zahlreichen kleineren Gewässer Strategien aufgezeigt werden, wie zukünftige Entwicklungen bereits

- bei der Ermittlung von Bemessungsgrößen,
- bei Maßnahmen zur Beeinflussung von Hochwasser sowie
- bei Maßnahmen zur Verminderung von Schäden durch Hochwasser

berücksichtigt werden können. Die Strategien umfassen sehr seltene Ereignisse ebenso wie die viel häufigeren kleineren, die durch ihr Auftreten in der Fläche ein wichtiger ökonomischer Faktor in der Schadensbewertung sind. Die Arbeiten zur Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie werden einbezogen.

Forstwirtschaft

Als Folge der Klimaveränderungen werden sich die Standortverhältnisse und damit die Wachstumsgrundlagen für die Baumarten verändern. Besonders nicht an den Standort angepasste Bestockungen sind hochgradig gefährdet, z. B. durch Trockenheit, Schadinsekten und Stürme.

Die nachhaltige Forstwirtschaft muss frühzeitig die Risiken und Chancen des Klimawandels in das Waldmanagement einbeziehen. Die Waldbesitzer sollen heute die Baumarten auswählen (Naturverjüngung oder Pflanzung), die sich übermorgen bewähren müssen. Zum Schutz der Wälder und zur Beratung der Waldbesitzer in Nordrhein-Westfalen werden verlässliche Prognosen über die Auswirkung von Klimaveränderungen auf den Waldboden und den Waldbestand sowie den daraus ableitbaren Steuerungsbedarf benötigt. Hier ist eine aktive Anpassung der Baumartenausstattung an den Klimawandel notwendig. Auch das Einbringen von bereits bewährten, fremdländischen Baumarten kann zur Stabilität und Risikostreuung beitragen. Hier müssen Anbaueignung und Herkunft genau beachtet und näher untersucht werden. Ein entsprechendes Konzept wird entwickelt.

Aktuell steht vor allem die Wiederbewaldung der durch den Orkan „Kyrill“ großflächig zerstörten Waldflächen im Fokus der Forstwirtschaft. Mit dem Fachkonzept „Empfehlungen für die Wiederbewaldung der Orkanflächen in Nordrhein-Westfalen“ vom Juni 2007 liegt dazu bereits eine zeitnahe Hilfe vor.

Landwirtschaft

Im Bereich der Landwirtschaft wird zunächst eine kleinräumige Auswertung von Klimadaten erfolgen, um auf dieser Basis Alternativen und notwendige Weiterentwicklungen bestehender Anbausysteme entwickeln zu können. Dazu sollen kleinräumige Klimaszenarien auf Basis der definierten Boden-Klimaräume in Nordrhein-Westfalen berechnet und deren Auswirkungen auf die bestehenden Anbausysteme erfasst werden. Auf dieser Grundlage sollen modellhaft Anpassungsmaßnahmen bzw. Alternativen für bestehende Verfahren entwickelt werden. Für **Ackerbauregionen** sind dies insbesondere:

- Entwicklung von Zweifrucht-Nutzungssystemen zur Optimierung der CO₂-Ausnutzung und damit der Biomasseproduktion,
- Anbausysteme mit ganzjähriger Bodenbedeckung (Erosionsschutz),
- Einbeziehung trockenheitstoleranter Arten und Sorten auf leichten Böden (Optimierung der Wassernutzung),
- Weiterentwicklung von Prognosemodellen im Bereich Pflanzenschutz.

In Grünlandregionen werden Anbaualternativen unter Einbeziehung des Ackerfutterbaus sowie die Möglichkeiten zur Weiterentwicklung von Beweidungssystemen betrachtet.

Impressum

Herausgeber: Ministerium für Umwelt und Naturschutz,
Landwirtschaft und Verbraucherschutz (MUNLV)
des Landes Nordrhein-Westfalen
40190 Düsseldorf

Druck: jva druck+medien, Geldern

Stand: April 2008