



# **Künftige Klimaänderungen in Deutschland – Regionale Projektionen für das 21. Jahrhundert**

Hintergrundpapier  
April 2006, aktualisiert im September 2006

## **Inhalt:**

- I. Anpassung an den Klimawandel wird immer wichtiger**
- II. Klimaanpassung braucht klare Daten: Das regionale Klimamodell REMO**
- III. Hoch aufgelöste Erkenntnisse über Klimaänderungen in Deutschland**
- IV. Anspruchsvoller Klimaschutz erleichtert die Klimaanpassung**
- V. Weitere Forschung nötig – Die Rolle des Umweltbundesamtes**

## I. Anpassung an den Klimawandel wird immer wichtiger

Der Klimawandel ist eine der größten Herausforderungen für die Menschheit. Klimaänderungen und deren Auswirkungen sind bereits heute spürbar – auch in Deutschland, wie der Blick auf die vergangenen 100 Jahre zeigt: Die Jahresmitteltemperatur stieg um 0,8 Grad Celsius (°C), in den Alpen sogar mit 1,5 °C um fast das Doppelte. Extrem warme Jahreszeiten – vor allem extrem heiße Sommer – traten immer häufiger auf. Auch im Winter waren – vor allem in Süddeutschland – extrem warme Tage zu beobachten. Außergewöhnlich kalte Tage dagegen sind seltener geworden. Vor allem im Westen Deutschlands nahmen die Niederschläge deutlich zu. Extrem starke Niederschläge traten hier häufiger auf und brachten erheblich mehr Wassermengen als noch vor 100 Jahren. Im Osten Deutschlands hingegen wurden die Starkniederschläge – vor allem im Sommer – seltener<sup>1</sup>.

Mehr Starkniederschläge im Westen Deutschlands, häufigere heiße und trockene Sommer sowie heftigere Stürme richteten in Deutschland in den vergangenen Jahrzehnten großen wirtschaftlichen Schaden an. Und sie gehen zu Lasten von Leben und Gesundheit.

Besonders betroffen waren die Forst-, Land- und Wasserwirtschaft, in zunehmendem Maße auch die Energie- und Finanzwirtschaft sowie der Tourismus in den Mittelgebirgen und Alpen. Auch für den Gesundheits-, Natur- und Küstenschutz stellen sich neue Herausforderungen. Allein in den vergangenen zehn Jahren beliefen sich die Schäden durch die großen Hochwasser von Isar, Lech, Iller und Inn (1999 und 2005), an der Elbe und der Mulde (2002), an der Oder (1997) sowie an Rhein, Mosel, Saar und Maas (1993 und 1995) auf rund 13 Milliarden Euro<sup>2</sup>. Hitze und Dürre verursachten etwa eine Milliarde Euro Schäden<sup>3</sup>. Durch die Stürme Jeanette, Daria, Vivian, Wiebke, Lothar und Martin entstanden Kosten von insgesamt etwa 2,5 Milliarden Euro<sup>4</sup>. Als Folge dieser Extremereignisse waren in Deutschland schätzungsweise mehr als 7.000 Todesfälle zu beklagen<sup>5</sup>. Die wetter- und klimabedingten Schadenskosten dürften zukünftig exponentiell steigen und könnten bis zur Mitte des Jahrhunderts jährlich etwa 27 Milliarden Euro betragen<sup>6</sup>.

Vor diesem Hintergrund stellt sich die Frage: Wie können wir uns an diesen Klimawandel anpassen, um Menschenleben zu schützen und wirtschaftliche Schäden so

---

<sup>1</sup> Schönwiese, C.-D. (2005): Wahrscheinlichkeiten für das Eintreten von klimatologischen Extremereignissen - UBA Bericht FKZ 201 41 254, Berlin.

<sup>2</sup> Staatsministerium für Umwelt Gesundheit und Verbraucherschutz, (StMUGV 2005): August-Hochwasser 2005 in Südbayern, Bericht von Werner Schnappauf im Ausschuss für Umwelt und Verbraucherschutz des Bayerischen Landtags am 24. November 2005, [www.stmugv.bayern.de](http://www.stmugv.bayern.de)  
Sächsische Staatskanzlei (2003): Regierungserklärung Georg Milbradt im Sächsischen Landtag 11.09.2003.

UBA (2006): Was Sie über vorbeugenden Hochwasserschutz wissen sollten, Dessau.  
<http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/3019.pdf>

<sup>3</sup> COPA-COGECA (2003): Bewertung der Auswirkungen der Hitzewelle und Dürre des Sommers 2003 für Land- und Forstwirtschaft. POCC(03)7616.

Bundesregierung (2004): Agrarpolitischer Bericht 2004 der Bundesregierung, Berlin.

<sup>4</sup> Münchner Rück (2003): Jahresrückblick Naturkatastrophen 2002. München.

<sup>5</sup> Sächsische Staatskanzlei (2003), UBA 2006 und Koppe, C., G. Jendritzky (2004): Die Auswirkungen der Hitzewelle 2003 auf die Mortalität in Baden-Württemberg, Sozialministerium Baden-Württemberg, Stuttgart.

<sup>6</sup> Kempfert, C. (2005): Weltweiter Klimaschutz – Sofortiges Handeln spart hohe Kosten. Wochenbericht des DIW Berlin 12-13/05.

gering wie möglich zu halten? Die Antwort ist ernüchternd. Das Wissen über Anpassungsmöglichkeiten ist zum Teil noch sehr lückenhaft. Beispielsweise trafen die hitzebedingten Gesundheitsprobleme, die 2003 massiv und flächendeckend auftraten, Deutschland relativ unvorbereitet. Es fehlte an medizinischem Wissen, Aufklärungs- und Vorsorgemaßnahmen sowie an Warnsystemen<sup>7</sup>. Wo es bereits Erfahrungen mit geeigneten Schutzmaßnahmen gibt – wie gegen Hochwasser – bestehen teils erhebliche Defizite, diese Maßnahmen auch umzusetzen.

*Diverse Studien<sup>8</sup> zeigen: Der Klimawandel wird sich auf den Wasserhaushalt auswirken. Hochwasser werden häufiger. Gebäudeeigentümer, Verwaltungen und Unternehmen müssen sich frühzeitig darauf einstellen, um Schäden zu vermeiden. Eine gute Grundlage bietet das 2005 verabschiedete Hochwasserschutzgesetz<sup>9</sup>, das nun zügig zu verwirklichen ist. Zudem sollten die Planungsgrundlagen für Hochwasserschutzmaßnahmen – sowohl für Deiche als auch für Überschwemmungsgebiete – künftige Auswirkungen des Klimawandels berücksichtigen. Notwendig ist erstens, technische Schutzbauten derart flexibel zu gestalten, dass sie bei Bedarf relativ einfach zu erweitern sind. Beispielsweise sind Dämme so zu planen und bauen, dass spätere Dammerhöhungen durch Vergrößerung der Böschungsneigungen oder durch landseitige Vorschüttung möglich sind. Spätere Verschüttungen vom Land aus setzen voraus, dass die Flächen hinter dem Damm frei bleiben und nicht bebaut sind. Einige Bundesländer, zum Beispiel Bayern und Baden-Württemberg, berücksichtigen bereits heute mögliche zukünftige Klimaänderungen bei der Planung neuer Maßnahmen zum Schutz vor Hochwasser. Sie schlagen einen Klimaänderungsfaktor von zusätzlich 15 Prozent auf die üblichen Bemessungsgrundlagen für technische Schutzbauten auf.*

*Klimawandel erfordert nicht nur technische Anpassungen. Es bedarf auch einer stärkeren Diskussion in Politik und Öffentlichkeit über die Frage, welches Risiko einer Überschwemmung als noch tolerierbar gelten sollte. Diese Diskussionen zielen – mit Kosten-Nutzen Betrachtungen unterstützt – auf eine Einigung über differenzierte Schutzniveaus, also darüber, welche Güter und welche Nutzungen vorrangig zu schützen und welche gegebenenfalls zu vernachlässigen sind.*

## **II. Klimaanpassung braucht klare Daten: Das regionale Klimamodell REMO**

Geschwindigkeit und Ausmaß des Klimawandels beeinflussen, wie und in welchem Tempo wir uns anpassen müssen. Daher müssen Entscheidungsträger in Verwaltungen und Unternehmen wissen, wie stark ungefähr und wo etwa sich zukünftig das Klima ändert. Es geht um Antwort auf die Frage: Welche Regionen in Deutschland werden in welchem Ausmaß vom Klimawandel betroffen sein?

Im Auftrag des Umweltbundesamtes (UBA) hat das Max-Planck-Institut für Meteorologie, Hamburg (MPI-M), unter der Leitung von Dr. Daniela Jacob Szenarien für mögliche Klimaänderungen in Deutschland bis zum Jahr 2100 erarbeitet. Sie wurde darin

<sup>7</sup> Jendritzky (2005), mündliche Mitteilung.

<sup>8</sup> v.a.: KLIWA (2004): Klimaänderungen und Konsequenzen für die Wasserwirtschaft. KLIWA Berichte, Heft 4.

<sup>9</sup> nähere Informationen hierzu: <http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/3019.pdf>

vom Deutschen Klimarechenzentrum Hamburg unterstützt. Das hierfür eingesetzte Regionalmodell (REMO) zeigt die Klimaentwicklung des vergangenen Jahrhunderts realitätsnah, wie der Vergleich zu Beobachtungen ergibt. Diese Überprüfung ist notwendig, um die Güte der Modellergebnisse einzuschätzen. REMO liefert detaillierte Informationen, zum Beispiel für die deutschen Mittelgebirge. Gerade für diese ist etwa die Modellierung von Niederschlagsveränderungen besonders kompliziert, weil die Ergiebigkeit der lokalen Niederschläge stark von der Form der Erdoberfläche beeinflusst ist. Sie hängt auch davon ab, aus welcher Richtung die Luftmassen das Gebirge anströmen. REMO bildet diese so genannten Luv- und Lee-Effekte – jene Gebiete, an denen Wolken vor dem Gebirge abregnen, und den „Regenschatten“ hinter dem Gebirge – sehr gut ab.

### **III. Hoch aufgelöste Erkenntnisse über Klimaänderungen in Deutschland**

Das Hamburger Rechenmodell liefert Erkenntnisse, die es bislang noch nicht in dieser Detailliertheit gab. Sie lassen sich auf folgende Aussage verdichten: Je nach Anstieg der Treibhausgase könnten bis zum Ende des Jahrhunderts die Temperaturen in Deutschland – vor allem im Süden und Südosten – um mehr als 4°C im Vergleich zu den letzten 50 Jahren steigen. Im Sommer wird es in weiten Teilen Deutschlands weniger Niederschläge geben. Im Winter werden im Süden und Südosten mehr Niederschläge fallen – allerdings wegen der gestiegenen Temperaturen weniger Schnee.

Die Ergebnisse im Detail: Mehr Treibhausgase führen in Deutschland zu einer mittleren Erwärmung, die im Jahr 2100 – abhängig von der Höhe zukünftiger Treibhausgasemissionen – zwischen 2,5°C und 3,5°C liegt (Abb. 1). Diese Erwärmung wird sich saisonal und regional unterschiedlich stark ausprägen. Am stärksten dürften sich der Süden und Südosten Deutschlands im Winter erwärmen. Bis zum Jahr 2100 könnten die Winter hier um mehr als 4°C wärmer werden als im Zeitraum 1961 bis 1990 (Abb.2).

Gleichzeitig könnten in Zukunft - im Vergleich zum Zeitraum 1961 bis 1990 - die sommerlichen Niederschläge großflächig abnehmen. Besonders stark gehen die Sommerniederschläge in Süd- und Südwest-Deutschland sowie in Nord-Ostdeutschland zurück.

Abb.1: Zeitlicher Verlauf der simulierten Lufttemperatur (°C) in Deutschland<sup>10, 11</sup>

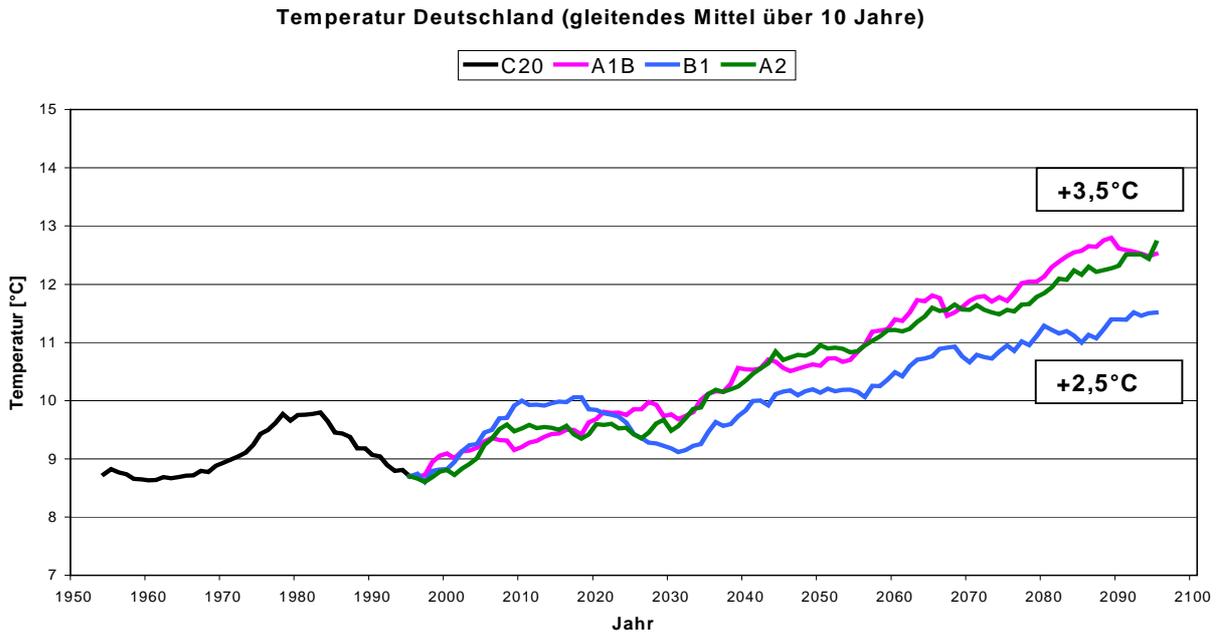
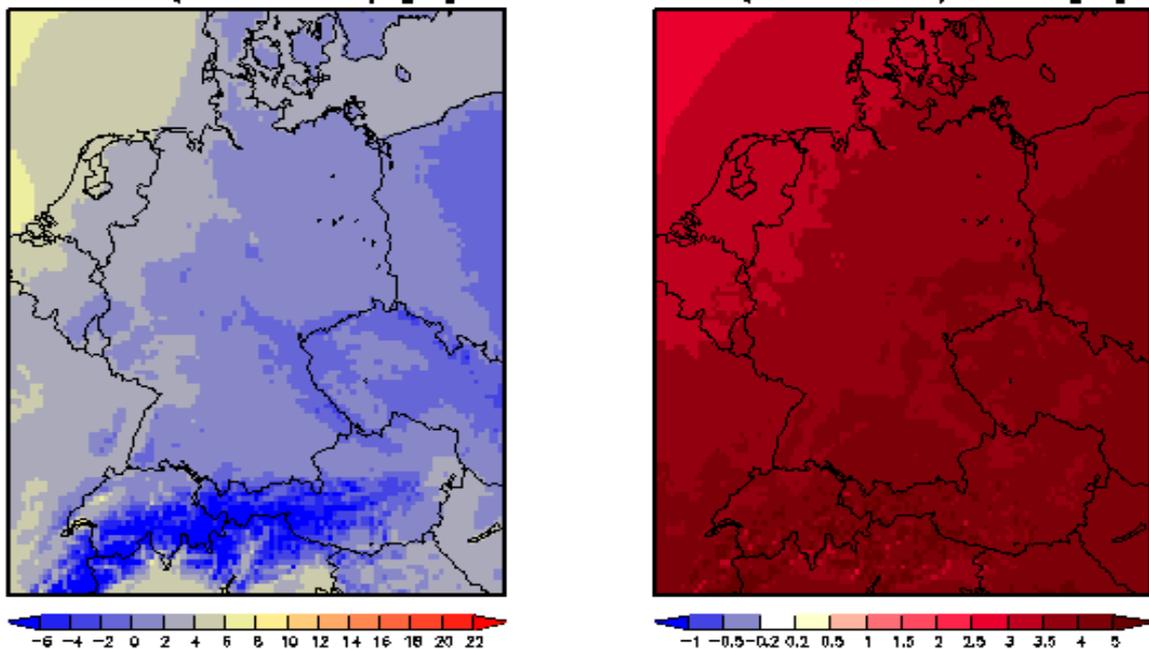


Abb.2: Wintertemperatur (°C) der Periode 1961-90 (links) und Temperaturanstieg im Jahresmittel für die Jahre 2071-2100 gegenüber dem Vergleichszeitraum 1961-90 (rechts). Szenario A1B.



<sup>10</sup> Die Zukunftsszenarien B1, A1B und A2 würden vom Zwischenstaatlichen Ausschuss für Klimaänderungen (IPCC) definiert und beschreiben sich unterschiedlich entwickelnde Welten. Im Ergebnis unterschiedlicher Entwicklungen steigen die globalen CO<sub>2</sub>-Emissionen in allen Szenarien bis 2050 an auf etwa 9, 16 bzw. 17GtC. Anschließend sinken sie in B1 unter die Werte von 1990 und in A1B auf 13 GtC. In A2 steigen sie ungebremst auf fast 30 GtC. Die entsprechenden CO<sub>2</sub>-Konzentrationen betragen im Jahr 2100 etwa 540, 710 bzw. 840 ppm CO<sub>2</sub>. Zum Vergleich: Die CO<sub>2</sub>-Konzentration lag 1880 bei etwa 280 ppm und hat momentan 381 ppm CO<sub>2</sub> erreicht.

<sup>11</sup> Alle Quellen MPI-M.

Diese schnellen und tiefgreifenden Veränderungen des Klimas in Deutschland können gravierende Folgen für die Menschen und die Umwelt haben. Die Schadenspotentiale extremer Wetterereignisse wie Hitzewellen, Starkniederschläge und Stürme sind oftmals noch wesentlich größer als jene der schleichenden Klimaänderungen. Deswegen arbeiten die Hamburger Forscher an noch detaillierteren Analysen der Klimaszenarien, um Aussagen zur Häufigkeit und Stärke künftiger Extremereignisse machen zu können.

#### **IV. Anspruchsvoller Klimaschutz vereinfacht die Klimaanpassung**

Jede - mit Blick auf den Klimawandel - erfolgsträchtige Strategie wird stärker als bisher zweigleisig fahren müssen: Sowohl Anpassung an die Klimaänderung als auch verstärkte Anstrengungen, um den Ausstoß klimaschädlicher Gase zu verringern. Nur eine ausgewogene Kopplung zwischen Minderung der Treibhausgase und Anpassung an den bereits unvermeidlichen Klimawandel wird die Anfälligkeit unserer Gesellschaft und Wirtschaft gegenüber Klimaänderungen vermindern. Die Staaten der Europäischen Union haben sich ein anspruchsvolles Klimaschutzziel gesteckt: Den weltweiten Temperaturanstieg auf höchstens 2°C über dem Niveau des 19. Jahrhunderts zu begrenzen.

Das Szenario B1 in Abb.1 zeigt moderat wachsende Emissionen bis 2050 und erst anschließend abnehmende globale Emissionen. Die Konzentration des wichtigsten Klimagases Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) wächst in diesem Szenario bis zum Jahr 2100 auf etwa 540 ppm (parts per million = ein Teil auf eine Million). In Deutschland wird für dieses Szenario eine Erwärmung von 2°C im Vergleich zur Mitte des 19. Jahrhunderts bereits um das Jahr 2060 überschritten. Eine zukünftige Welt – wie in diesem Szenario beschrieben – würde das gesetzte Klimaschutzziel weit verfehlen.

Deshalb empfiehlt das Umweltbundesamt in seinen 21 Thesen zum Klimaschutz für das 21. Jahrhundert eine Stabilisierung der Treibhausgaskonzentrationen unterhalb von 400 ppm für alle Treibhausgase<sup>12</sup>. Dazu sind die Treibhausgasemissionen deutlich zu senken – bis Mitte dieses Jahrhunderts weltweit um etwa 50 Prozent. Damit sich die bislang weniger entwickelten Länder wirtschaftlich stärken können, müssten die Emissionen der Industriestaaten bis 2050 überproportional um 80 Prozent gegenüber dem Ausgangsniveau von 1990 zurückgehen. Um diese Langfristziele erreichen zu können, sind angemessene Zwischenziele notwendig. Das Umweltbundesamt hält es technisch für möglich und wirtschaftlich für tragfähig, dass Deutschland bis zum Jahr 2020 seine Treibhausgasemissionen um 40 Prozent und bis 2050 um 80 Prozent reduziert. Starke und frühzeitige Verringerungen der Emissionen sind notwendig, um diese Klimaschutzziele zu erreichen.

Jedes Zögern beim Klimaschutz wird teuer<sup>13</sup>, da die Schadenskosten für Klimafolgeschäden progressiv wachsen dürften: Die weltweiten Kosten für anspruchsvollen Klimaschutz liegen bei durchschnittlich einem Prozent der globalen Wirtschaftsleis-

---

<sup>12</sup> C. Erdmenger u.a.: Die Zukunft in unseren Händen. 21 Thesen zur Klimaschutzpolitik des 21. Jahrhunderts und ihre Begründungen. Umweltbundesamt (Hrs.) Climate Change Reihe des UBA 06/05. Dessau 2005. <http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/2962.pdf>

<sup>13</sup> Workshop „Low Stabilisation Scenarios“, Potsdam, 16./17.03.2006.

tung - und damit weit unter den ökonomischen Folgen eines ungebremsten Klimawandels, dessen Schäden bis zu zehn Prozent der weltweiten Wirtschaftsleistung ausmachen könnten. Deutschland hat das nötige Wissen und Können, um dem Klimawandel rasch zu begegnen. Eine schnelle sowie deutliche Steigerung der Energieeffizienz in Kraftwerken und bei der Energienutzung sowie die verstärkte Nutzung erneuerbarer Energien sind hierfür entscheidend.

## **V. Weitere Forschung nötig – die Rolle des Umweltbundesamtes**

Das Umweltbundesamt wird das Bundesumweltministerium dabei unterstützen, geeignete Maßnahmen zur Anpassung an die zukünftigen Klimaänderungen zu identifizieren und zu verwirklichen. Hierzu sind detaillierte wissenschaftliche Untersuchungen möglicher regionaler Klimafolgen sowie der gegenwärtigen Anpassungskapazitäten in den betroffenen Bereichen und Regionen erforderlich<sup>14</sup>. Das Umweltbundesamt unterstützt und intensiviert die Klimafolgenforschung für Deutschland, indem es alle Klimaszenariendaten kostenfrei für die Nutzer in Wissenschaft, Verwaltung und Unternehmen zur Verfügung stellt. Die Daten werden ab Mitte Mai 2006 bei der Gruppe „Modelle und Daten“ – einer nationalen Serviceeinrichtung, die unter anderem das Weltdatenarchiv für die Klimaforschung verwaltet – verfügbar sein<sup>15</sup>. Die „Servicegruppe Anpassung“ im Max-Planck-Institut für Meteorologie<sup>16</sup> wird die Daten für eine fachübergreifende Nutzung aufbereiten und die Datennutzer bei der Anwendung der Daten beraten.

Das Umweltbundesamt wird die Daten detailliert bewerten und breit kommunizieren, um die Risikowahrnehmung bei Entscheidungsträgern zu schärfen und notwendige Anpassungsprozesse in Deutschland – wie im Hochwasser- und Gesundheitsschutz – zu beschleunigen.

---

<sup>14</sup> Wesentliche Beiträge zur Klimawirkungsforschung liefern Förderkonzepte des Bundesministeriums für Bildung und Forschung – wie das deutsche Klimaforschungsprogramm sowie das demnächst startende Programm „Forschung für den Klimaschutz und Schutz vor Klimawirkung“ - und Projekte der Bundesländer.

<sup>15</sup> Als Nutzer registrieren lassen: email an [data@dkrz.de](mailto:data@dkrz.de) , danach Zugang über <http://cera-www.dkrz.de/CERA/index.html>

<sup>16</sup> die SGA unterstützt das Bundesministerium für Bildung und Forschung bei der Umsetzung des Förderkonzeptes „Forschung für den Klimaschutz und Schutz vor Klimawirkung“