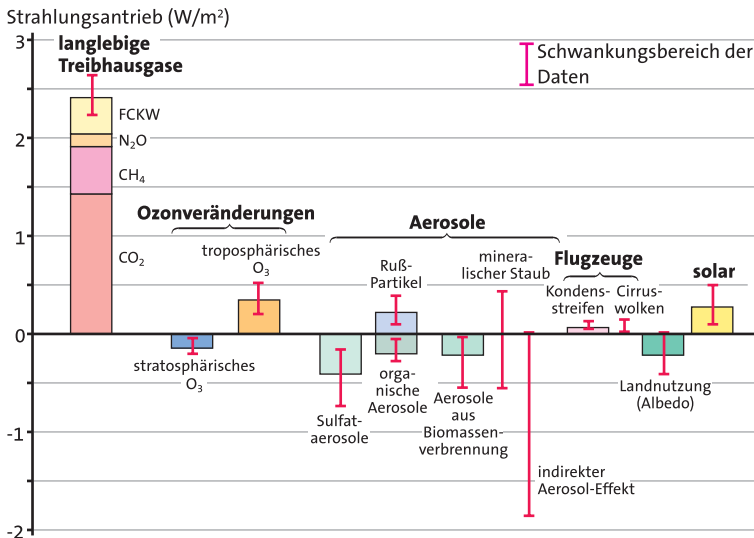


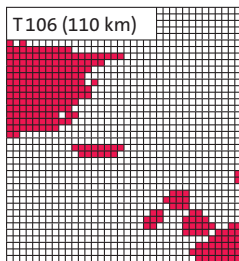
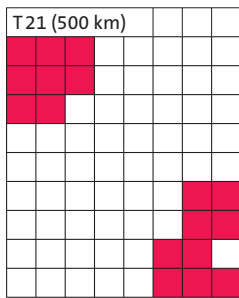
10 Der anthropogene Treibhauseffekt und seine Folgen



Ablesebeispiel: Im Vergleich zum Jahr 1750 hat der Strahlungsantrieb (gemessen in Watt pro m²) durch langlebige Treibhausgase um etwa 2,4 W/m² zugenommen.

11 Veränderung des mittleren globalen Strahlungsantriebs des Klimasystems im Jahr 2000 im Vergleich zu 1750

www.hamburger-bildungsserver.de/welcome.phtml?unten=/klima/ipcc2001/forcing-1.html



Grönland und Westeuropa mit einem Gitternetz in unterschiedlicher Auflösung

Zur Berechnung der Bewegung von Gasen in der Luft oder in einer Flüssigkeit wie dem Ozean überzieht man die Erdatmosphäre sowie den Ozean mit einem relativ groben dreidimensionalen Gitternetz. Eine typische Gitterzelle hat eine Länge und Breite von 500 km und ist 1 km hoch. Mit der Verkleinerung der Gitternetze verbessern sich die Ergebnisse, aber die zu verarbeitenden Datenmengen erreichen schnell die Rechenkapazität der leistungsfähigsten Rechner der Erde.

Online-Link

IPCC, Bangkok May 2007

www.klett.de/online

[Online-Link: 29070X-

0201]

Klimamodelle. Um Aussagen über das künftige Klima und seine Auswirkungen zu gewinnen, haben Wissenschaftler Klimamodelle entwickelt. Dazu berechnen sie wichtige Aspekte des Klimasystems mithilfe physikalisch-mathematischer Gleichungen, die dann von Hochleistungsrechnern gelöst werden. Atmosphäre, Kontinente und Ozeane werden dabei in Gitterzellen zerlegt. Zur Untersuchung der Auswirkungen auf Europa und Deutschland entwickelte das Max Planck Institut das regionale Klimamodell (REMO) mit einem Gitternetz von 10 km Maschenweite.

Klimamodellrechnungen sind mit Unsicherheiten verbunden. Fehler können entstehen, weil die im Klimasystem ablaufenden Prozesse unzureichend verstanden sind oder die Rechenkapazitäten noch beschränkt sind, um die mathematischen Gleichungen exakt zu lösen. Außerdem erschwert die chaotische Natur des Klimasystems dessen modellhafte Abbildung.

4 Klimaänderungen in Deutschland

„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. 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.“

Künftige Klimaänderungen in Deutschland – Regionale Projektionen für das 21. Jahrhundert, Hintergrundpapier April 2006, S. 4, Max Planck Institut für Meteorologie und Umweltbundesamt

2.8 Klimawandel und seine Auswirkungen

6 Mögliche Auswirkungen in Sachsen

„Globale Klimaänderungen spiegeln sich in verschiedenen Regionen der Welt ganz unterschiedlich wider, auch die verschiedenen Regionen Deutschlands werden unterschiedlich betroffen sein. Aus diesem Grund hat das Sächsische Landesamt für Umwelt und Geologie unter fachlicher Beteiligung der Freien Universität Berlin ein auf Sachsen zugeschnittenes Klimamodell WEREX (**W**etterlagenbedingte **R**egression für **E**xtremwerte) entwickelt. So können die Forscher die Auswirkungen des erwarteten globalen Wandels (basierend auf den von globalen Klimamodellen vorgezeichneten Szenarien) auf das künftige sächsische Klima untersuchen. Das heimische Wetter wird in der Regel wesentlich von Luv- und Lee-Effekten geprägt, insbesondere durch die des Erzgebirges. Die Prognosen für Sachsen basieren auf den Szenarien B1 und A2 und umfassen den Zeitabschnitt bis 2100.“

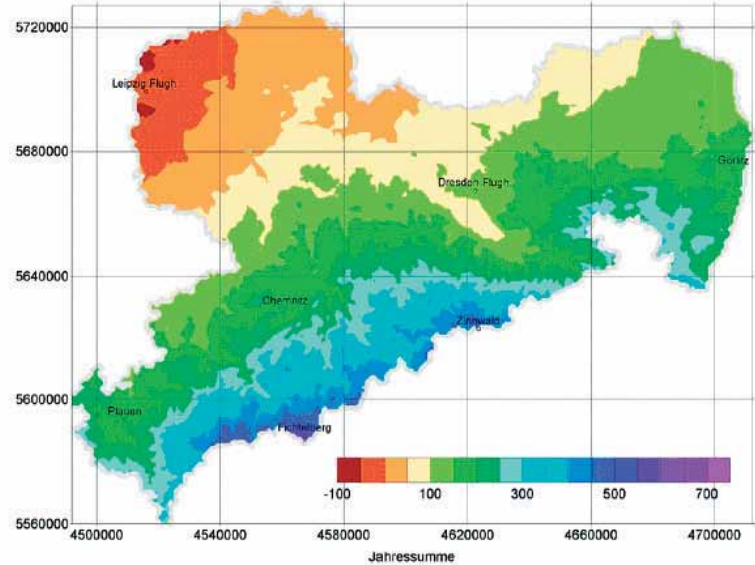
Sächsisches Staatsministerium für Umwelt (Hrsg.): Deine Energie zählt! Dresden 2006, S.48 (Autorin: Kati Ehler)

7 Konfliktpotenziale des Klimawandels

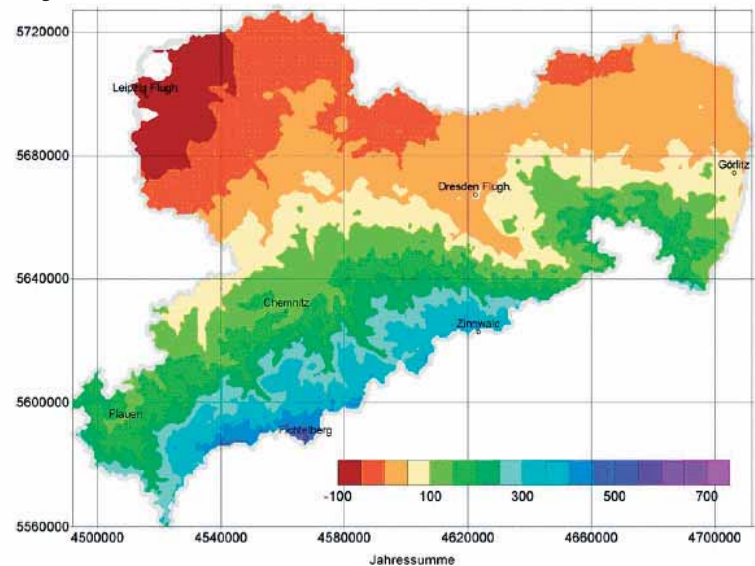
„Zu den Bereichen, die vom Klimawandel besonders betroffen sind, gehören: Wasserbilanz und Wasserwirtschaft, Landwirtschaft, Wälder und Forstwirtschaft, Ökosysteme und biologisches Gleichgewicht, Tourismus und Gesundheitswesen. Durch den bereits stattfindenden Klimawandel sind Ökosysteme, Wälder und landwirtschaftliche Nutzpflanzen erheblich gefährdet. So kann ein zeitigerer Austrieb der Pflanzen im Frühjahr zu einem erhöhten Spätfrostisiko mit einer Zunahme von Frostschäden führen. Verschiebungen der Vegetationsperiode können in der landwirtschaftlichen Produktion Veränderungen in der Bewirtschaftung zur Folge haben und damit ökonomische Bedeutung erlangen. Zunehmende Trockenheit im Sommer in Verbindung mit höheren Temperaturen kann sowohl für die natürlichen als auch für die gestalteten Ökosysteme zu vielfältigen negativen Auswirkungen führen.“

Geschäftsbereich des Sächsischen Staatsministeriums für Umwelt und Landwirtschaft u.a.: Klimawandel in Sachsen. Dresden 2005, S. 49

1981–2000



Prognose 2050

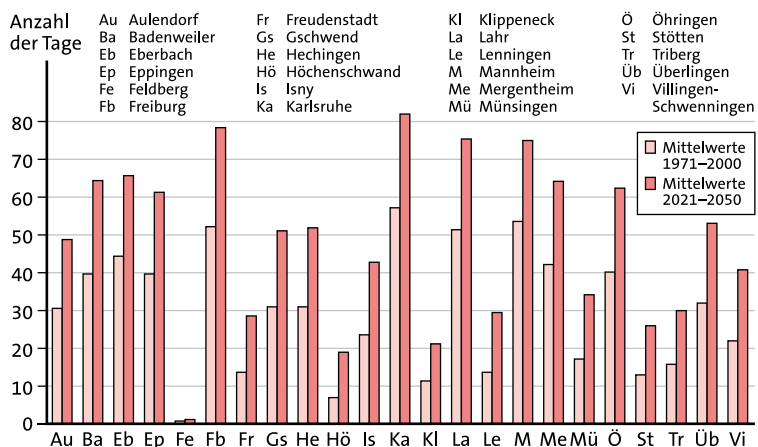


8 Veränderungen der klimatischen Wasserbilanz. Differenz aus dem Niederschlag und der potentiellen Verdunstung 1981–2000 und 2050 (Prognose) im Vergleich

Sächsisches Staatsministerium für Umwelt (Hrsg.): Deine Energie zählt! Dresden 2006, S. 51

- 1 a) Benennen Sie wesentliche Unterschiede zwischen den SRES-Szenarien.
b) Erläutern Sie jeweils die Ergebnisse.
c) Beurteilen Sie die Aussagekraft von Klimaszenarien.
- 2 Stellen Sie wesentliche Auswirkungen der globalen Erwärmung für Deutschland und Sachsen dar.
- 3 „Der Klimawandel hat Gewinner und Verlierer“. Bewerten Sie diese Aussage.

Bedrohung und Schutz der Atmosphäre



8 Anzahl der bisherigen und künftigen Sommertage ($T_{max} > 25^\circ\text{C}$) pro Jahr

9 Auswirkungen in Baden-Württemberg

Stuttgart: Die Anzeichen des Klimawandels lassen sich auch bei uns in Baden-Württemberg immer mehr feststellen – etwa an den Veränderungen in der Tier- und Pflanzenwelt. Manche Zugvögel ziehen im Winter nicht mehr fort, mediterrane Arten wie der Bienenfresser brüten in zunehmender Zahl erfolgreich im Rheintal oder die Obstbäume blühen früher. Konsequenzen ergeben sich auch durch das Vordringen von Allergien verursachenden Insekten und Parasiten und gar Seuchen. Auch Hitzetode und Kreislauferkrankungen zählen zu den Risiken des Klimawandels. (...) Auch wenn die Auswirkungen der Veränderungen kaum vorhersagbar sind, so ist in den nächsten Jahren zu erwarten, dass neue Arten mit noch unbekanntem Eigenschaften bei uns einwandern. Es werden nach Einschätzung verschiedener Wissenschaftler aber auch klimabedingte Verluste heimischer Arten von 5 bis 30 Prozent erwartet. Die internationale Umweltorganisation Millennium Ecosystem Assessment prognostiziert sogar ein Massensterben bei europäischen Pflanzen und Tieren. Die Studie geht davon aus, dass im Jahr 2080 wahrscheinlich die Hälfte aller Pflanzenarten in Europas infolge des Klimawandels als bedroht eingestuft werden muss.“

www.umweltakademie.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/23474

10 Meeresspiegelanstieg

„Unsere Szenarien gehen von einem durchschnittlichen Anstieg des Meeresspiegels von 2 bis 10 cm pro Jahrzehnt aus. (1 bis 2 cm pro Jahrzehnt waren es im letzten Jahrhundert.) Die Hauptursache für diesen Anstieg des Meeresspiegels ist die Ausdehnung des warmen Meerwassers, ein langsamer unaufhaltsamer Prozess, der dafür sorgt, dass der Meeresspiegel in kommenden Jahrhunderten weiter ansteigen wird (...) Sowohl für Deutschlands Nordsee- als auch für die Ostseeküste lassen die kommenden Klimaveränderungen erhebliche Konsequenzen befürchten (...)

Der Meeresspiegel der Ostsee beeinflusst den Wasserspiegel der Oder. Ein weiterer Anstieg des Meeresspiegels um nur 10 cm würde die tiefer liegenden Gebiete des Nationalparks vollständig überfluten. Unsere Szenarien deuten darauf hin, dass sich ein solcher Anstieg in den nächsten 20 bis 60 Jahren zu jeder Zeit ereignen könnte. Zusätzliche Niederschläge würden die Dauer der Überflutungen im Spätherbst und Frühling in den Niederungen verlängern.“

WWF Infoblatt: Hulme, M. and Sheard, N. (1999) Climate Change Scenarios for Germany, Norwich, UK, 6pp

11 Gesundheitsrisiken in Städten

Extreme Sommerhitze und Luftfeuchtigkeit, kombiniert mit Luftverschmutzungen in städtischen Gebieten führt bereits zu verstärkten Herz- und Atemwegserkrankungen sowie Todesfällen in deutschen Städten. Der höchste Anstieg der Todesfälle wird an den Tagen beobachtet, an denen die Nachmittagstemperaturen und die Luftfeuchtigkeit hoch sind, und an denen es wenig Wind gibt. Höhere Sommertemperaturen verbunden mit Luftverschmutzung führen zu einem Anstieg der Häufigkeit von Asthmaattacken, ernsthaften Atemproblemen oder Störungen der Lungenfunktion.

WWF Infoblatt: Hulme, M. and Sheard, N. (1999) Climate Change Scenarios for Germany, Norwich, UK, 6pp

12 Wenn der Golfstrom kippt

„Doch leider hat das atlantische Stromsystem einen Haken: Es ist nicht ganz stabil. Zwar hat unsere Heizung während der letzten zehntausend Jahre offenbar tadellos funktioniert. Davor hat sie jedoch erheblich gestottert und ist wiederholt sogar völlig zusammengebrochen. Das verraten die Tiefseesedimente.

Der Grund für das eigenartige Verhalten der Strömung konnte durch Simulationen entschlüsselt werden. Um schwer genug zum Absinken zu sein, muss das Wasser im Nordatlantik genug Salz enthalten, denn Salz erhöht die Dichte. Dem entgegen wirken die Niederschläge, die das Wasser verdünnen. Dieser Verdünnungseffekt greift jedoch nicht, solange immer neues, salziges Wasser von Süden her nachströmt. Kurz gesagt: Die Strömung fließt, weil das Wasser salzig ist, und das Wasser ist salzig, weil die Strömung fließt. Ein klarer Fall eines sich selbst aufrechterhaltenden Systems. Erhöht man die Niederschläge über dem Nordatlantik immer mehr, schwächt sich die Strömung zunächst nur wenig ab. Es kommt jedoch ein Punkt, wo der Nachstrom von salzigem Wasser zu schwach wird, die Niederschläge verdünnen das Wasser, der Strom wird noch schwächer – ein Teufelskreis, der zum völligen Zusammenbruch der Strömung führt. Ein klassisches nichtlineares System, das sich innerhalb gewisser Grenzen selbst reguliert, bei Überschreiten dieser Grenzen aber regelrecht umkippt. Die Brisanz dieser Erkenntnis liegt darin, dass durch den vom Menschen verursachten Treibhauseffekt die Niederschläge im Nordatlantik aller Voraussicht nach zunehmen werden.“

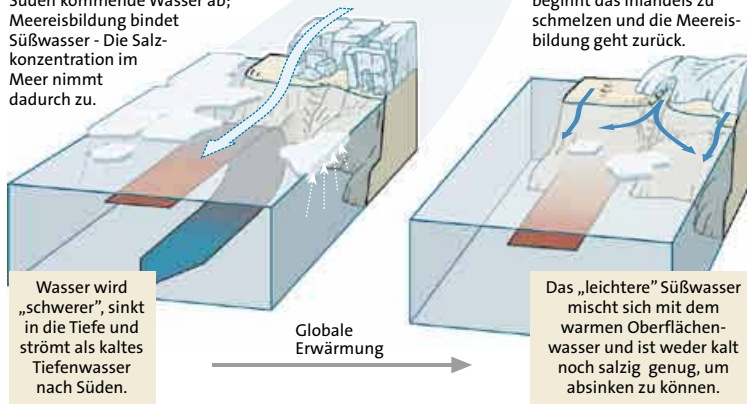
*Süddeutsche Zeitung, 3./4. Juli 99. Stefan Rahmstorf: Die Welt fährt Achterbahn
www.pik-potsdam.de/~stefan/achterbahn.html*

- 2 Stelle wesentliche Auswirkungen der globalen Erwärmung für Deutschland und Europa dar.
- 3 „Der Klimawandel hat Gewinner und Verlierer“. Bewerte diese Aussage.



Arktische Winde kühlen das aus dem Süden kommende Wasser ab; Meereisbildung bindet Süßwasser - Die Salzkonzentration im Meer nimmt dadurch zu.

Durch die globale Erwärmung beginnt das Inlandeis zu schmelzen und die Meereisbildung geht zurück.



Wasser wird „schwerer“, sinkt in die Tiefe und strömt als kaltes Tiefenwasser nach Süden.

Das „leichtere“ Süßwasser mischt sich mit dem warmen Oberflächenwasser und ist weder kalt noch salzig genug, um absinken zu können.

13 Wie der Golfstrom funktioniert

14 Kippt der Golfstrom?

Es ist sehr wahrscheinlich, dass die Meridionale Umwälzbewegung im Atlantik um durchschnittlich 25 % im 21. Jh. abnehmen wird. Die Temperaturen in der Atlantischen Region werden dennoch zunehmen, da der Einfluss der globalen Erwärmung überwiegt. Es ist allerdings sehr unwahrscheinlich dass es zu einem abrupten Zusammenbruch im 21. Jh. kommt. (IPCC, 2007)