

des anthropogenen Treibhaussignals von > 95 % konstatiert haben. Versucht man hingegen, an Stelle von globalen Betrachtungen das anthropogene Treibhaussignal regional nachzuweisen, so sinken diese Wahrscheinlichkeiten erheblich ab. So zeigen sich z.B. für Deutschland zwar höhere Treibhausgassignale (ca. 1.5 °C) bzw. kombinierte Treibhaus-/Sulfatsignale (ca. 0.8 °C) als im globalen Mittel; die dadurch und durch natürliche Variationen erklärte Varianz liegt aber nur bei rund 40 % (WALTER und SCHÖNWIESE, 1999, 2002). Noch wesentlich schlechter ist die Situation bei den Klimaelementen, die über die Temperatur hinaus gehen (Niederschlag, Luftdruck, Wind usw.). Hier versagen die statistischen Nachweismethoden fast völlig. Mit Hilfe von AOGCM-Simulationen lässt sich aber zumindest qualitativ zeigen, welche Änderungen dieser Klimaelemente mit den Temperaturänderungen verknüpft sein sollten.

So sollen die **Klimamodell-Zukunftsprojektionen** zunächst nur anhand der global gemittelten bodennahen Lufttemperatur diskutiert werden. Dabei ist prinzipiell zu beachten (vgl. Kap. 9.5), dass in der Wettervorhersage zwar auch Zirkulationsmodelle (GCM) verwendet werden, es aber eine Klimavorhersage vergleichbar der Wettervorhersage nicht geben kann. Während nämlich bei der Wettervorhersage von einem definitiven (beobachteten) Anfangszustand ausgegangen und schrittweise unter Berücksichtigung aller wirksamen Prozesse in die Zukunft gerechnet wird (Anfangswertproblem), handelt es sich beim Klima zwar auch um einen definitiven (beobachteten) Anfangszustand, der jedoch durch bestimmte ausgewählte Prozesse gestört wird (Randwertproblem). Da diese Prozesse zum Teil für die Zukunft nicht bekannt sind (z.B. Vulkanismus, Meteorereinschläge u.ä.), werden sie zum Teil nicht berücksichtigt – das trifft praktisch auf die Gesamtheit der natürlichen Klimaänderungen zu. Und auch das Ausmaß und der zeitliche Verlauf der anthropogenen Störungen sind eigentlich nicht bekannt. Um aber gerade dazu Aussagen für die Zukunft machen zu können, werden bestimmte alternative Szenarien definiert, die als Grundlage für die Klimamodellrechnungen dienen. Schließlich können Klimamodelle keine zeitlich-räumlichen Punktaussagen liefern, wie das bei der Wettervorhersage (mit gewisser Eintrittswahrscheinlichkeit) der Fall ist. Sinnvoll sind nur Statistiken über eine relativ lange Zeitspanne, im Allgemeinen von einigen Jahrzehnten (mittleres verändertes Temperatur- und Niederschlagsniveau, mittlere veränderte Jahresgänge usw.). Kurz gesagt liefern Klimamodell-Zukunftsprojektionen somit bedingte (nicht alle Prozesse berücksichtigt) Szenarien-gestützte Wenn-Dann-Aussagen in Form von relativ langzeitlichen Statistiken. Daher die strikte Verwendung des Wortes „Projektion“ statt „Prognose (Vorhersage)“.

Die **Szenarien**, um die es hier geht, sind alternative Annahmen über die künftige Emission von klimawirksamen Spurengasen (CO₂ usw.) sowie (im Allgemeinen indirekt) Spurenstoffen (meist nur Sulfataerosol), definiert aufgrund entsprechender Annahmen über die wirtschaftliche und demoskopische Entwicklung in Industrie-, Schwellen- und Entwicklungsländern und insbesondere die dabei verfolgten Energienutzungspfade. Das IPCC hat in einem speziellen Bericht über Emissionsszenarien (SRES = Special Report on Emission Scenarios, 2000) zunächst die

Szenarien-Familien A1, A2, B1 und B2 definiert und daraus insgesamt 40 Einzelszenarien abgeleitet. Da der Aufwand, diesen allen AOGCM-Simulationen zugrunde zu legen, viel zu groß wäre, sind daraus 6 sog. **Leitszenarien** abgeleitet worden: A1FI, A2, A1B, B2, A1T und B1. Beim „höchsten“ Szenario A1FI steigt z.B. die globale energiebedingte CO₂-Emission bis 2080/2100 auf 28–29 Gt CO₂ an, was nach C-Fluss-Modellen zu einer atmosphärischen CO₂-Konzentration von rund 950 ppm im Jahr 2100 führt. Beim „niedrigsten“ Szenario fällt die CO₂-Emission bis 2100 auf rund 5 Gt CO₂ ab, was die atmosphärische CO₂-Konzentration bis 2100 auf etwa 550 ppm begrenzen würde. Alle anderen Leitszenarien liegen zwischen diesen Extremen (vgl. auch IPCC 2007).

Die im letzten IPCC-Bericht (2007) zusammengefassten, auf diese Leitszenarien gestützten **Klimamodellprojektionen bis zum Jahr 2100** sind für die global gemittelte bodennahe **Lufttemperatur** aus Abb. 167a und Tab. 29 ersichtlich, im letzteren Fall auch für die global gemittelte Meeresspiegelhöhe. Es ergibt sich alles in allem eine Wertespanne von 1.1–6.4 °C Erwärmung bzw. 18–59 cm Meeresspiegelanstieg. Die jeweils angegebenen Unschärfen beruhen auf den trotz jeweils identischem Szenario unterschiedlichen Modellergebnissen. Die gepunktete Linie in Abb. 167a ist eine Simulation, die ab dem Jahr 2000 von einem konstanten CO₂-Konzentrationsniveau ausgeht. Sie zeigt eine weitere Temperaturerhöhung um ca. 0.6 °C an, die somit bereits im Klimasystem festgelegt ist und unausweichlich zum bereits beobachteten Temperaturanstieg hinzukommt. Erwähnenswert ist auch,

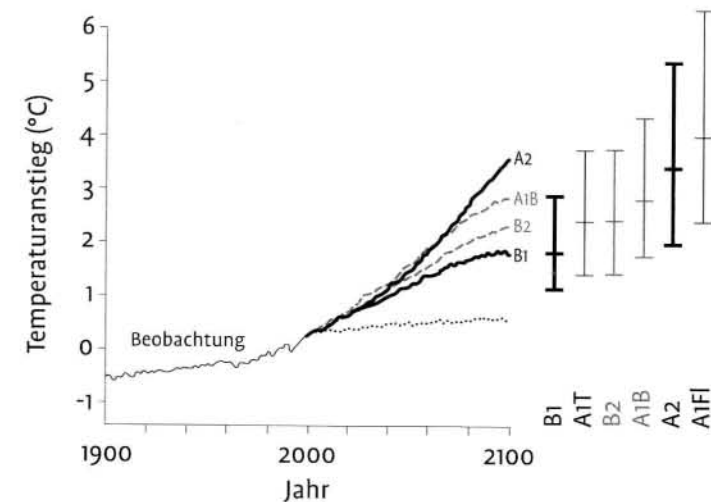


Abb. 167a

Beobachteter Anstieg der global gemittelten bodennahen Lufttemperatur seit 1900 und Klimamodell-Zukunftsprojektionen aufgrund der angegebenen IPCC-Leitszenarien (vgl. dazu auch Tab. 29). Die Balken am rechten Rand weisen auf die Unschärfen der jeweils auf ein Szenario bezogenen Modellrechnungen hin. Die gepunktete Kurve ist eine Modellsimulation unter Annahme konstanter atmosphärischer CO₂-Konzentration seit 2000 (nach IPCC, 2007).