

Klimawandel und Klimafolgen in Hessen
Fachtagung 16.5.2006 in Wiesbaden:
Regionale Klimaszenarien für Hessen unter besonderer Beachtung der
Simulation von Extremen

W. Enke, F. Kreienkamp, A. Spekat

Climate & Environment Consulting Potsdam GmbH

Thema: Regionale Klimaszenarien für Hessen unter besonderer Beachtung der Simulation von Extremen – wetterlagenbasierte Regionalisierungsmethode auf der Basis des ECHAM5/MPI-OM T63L1 Laufes für die Dekaden 2001/2010 bis 2091/2100, Szenario B1 und A2

Auftragnehmer: Dr. Wolfgang Enke, Meteo-Research und Dr. Frank Kreienkamp
Climate & Environment Consulting GmbH Potsdam

Projektbeteiligte: Dr. Wolfgang Enke, Dr. Frank Kreienkamp, Arne Spekat

Projekt-Laufzeit: Oktober 2005 bis Oktober 2006

Auftraggeber: Umweltbundesamt

Beschreibung

Klimaprognose für Hessen für die Zeiträume 2001 bis 2100 (Szenario B1 und A2) mit derselben Methode wie für eine im Jahr 2003 und 2004 abgeschlossene Klimaprognose (für den Zeitraum von 2001 bis 2100, Szenario B2). Dabei handelt es sich um eine statistische Regionalisierungsmethode, die von Dr. Enke in den 1990er Jahren entwickelt und kontinuierlich verbessert wurde. Anhand von Reanalyse-Datensätzen werden zunächst objektive Wetterlagen abgeleitet und diese nach bestimmten Kriterien klassifiziert. Wenn eine synthetische Abfolge der zufällig zusammengesetzten Witterungsabschnitte bestimmte Randbedingungen erfüllt, wird der erzeugte Witterungsablauf mit Hilfe historischer Wetterdaten kalibriert, indem die Häufigkeitsverteilung der Wetterlagen des „Jetztklimas“ vorgegeben wird.

Angetrieben durch tägliche Daten eines Globalen Zirkulationsmodells (GCM, hier ECHAM5/MPI-OM T63L1 des Max-Planck-Instituts für Meteorologie für das B1- und A2-Szenarium des Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC) werden an den Orten der zur Kalibrierung verwendeten (rund 60) Klimastationen und (rund 500) Niederschlagsstationen des Deutschen Wetterdienstes in Hessen und Umgebung tägliche Datensätze der von den Stationen gelieferten Klimaparameter erzeugt. Dabei wird jede Dekade des gesamten Prognosezeitraumes getrennt betrachtet (aus Gründen der statistischen Stabilität wird eine Dekade durch einen 20-Jahres-Zeitraum beschrieben). Für alle Klima- und Niederschlagsstationen und jede Dekade wurden zudem 10 Simulationsläufe durchgeführt, um die Variabilität der Methode abzudecken.

Die räumlich und zeitlich gut aufgelösten Datensätze der Klimaprognose sind als Eingangsdaten für Untersuchungen von Klimawandelfolgen u. a. in den Bereichen Wasserwirtschaft, Land- und Forstwirtschaft geeignet.

Ergebnisse

Temperatur

Die Tagesmaximumtemperatur verändert sich am stärksten im Winter und zwar um rund 4 K bis zum Ende des 21. Jahrhunderts für das Szenario A2 und 3.2 K für das Szenario B1 (alle hier und im Folgenden beschriebenen Änderungen sind bezogen auf den Mittelwert der Referenzperiode 1971 bis 2000). Dies steht in guter Übereinstimmung mit den ECHAM4 Simulationen des Szenarios B2. Auch der Sommer wird deutlich wärmer. Die ECHAM5 A2 Simulationen im Sommer sind jedoch ca.1 K kühler als ECHAM4 B2. ECHAM5 B1 ist wiederum ca. 1 K kühler als ECHAM5 A2. Im Herbst bzw. Frühjahr findet dagegen nur eine leichte Erwärmung statt. Die Änderungen der Tagesmaximumtemperatur in den Dekaden für den Sommer sind in Abb. 1a und für den Winter in Abb. 1b dargestellt.

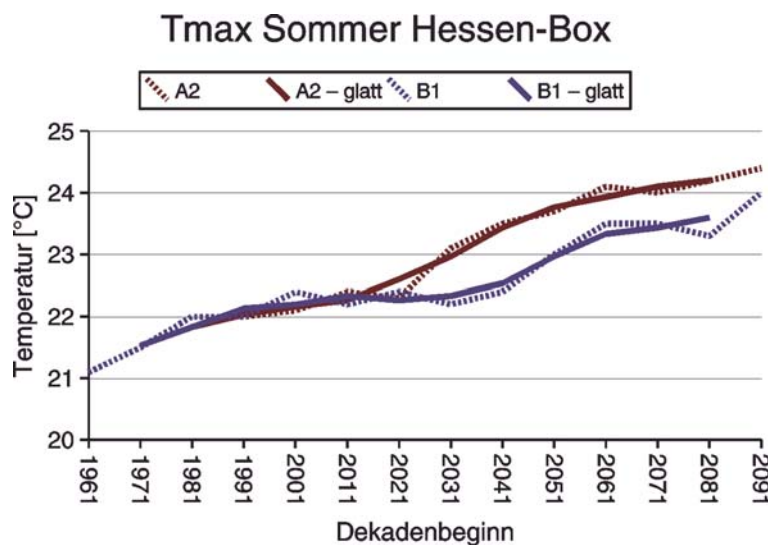


Abb. 1a: Anstieg der Tagesmaximumtemperatur im Sommer von 1961-1970 bis 2091-2100 (Dekadenmittelwerte für Hessen) für die Szenarien B1 und A2. Ausgezogene Kurven stellen ein gleitendes Mittel über drei Dekaden dar.

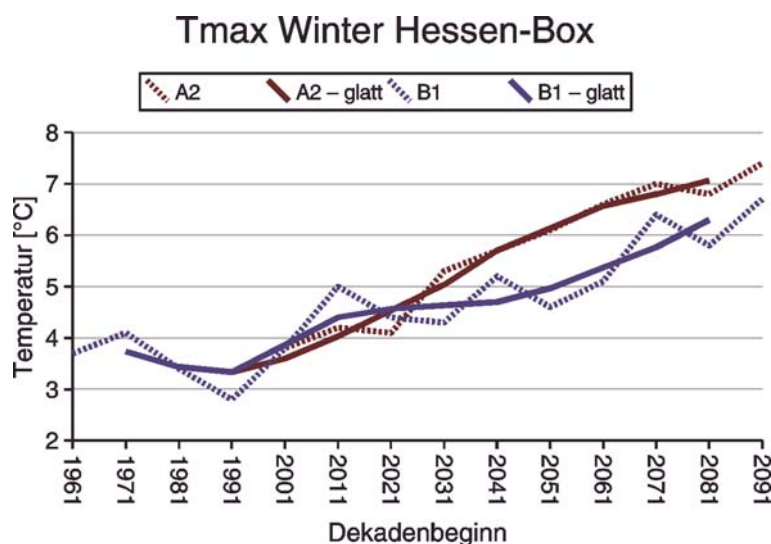


Abb. 1b: Anstieg der Tagesmaximumtemperatur im Winter von 1961-1970 bis 2091-2100 (Dekadenmittelwerte für Hessen) für die Szenarien B1 und A2. Ausgezogene Kurven stellen ein gleitendes Mittel über drei Dekaden dar.

Bei der räumlichen Verteilung der Tagesmaximumtemperatur sind bis zur Mitte des 21. Jahrhunderts keine regionalen Unterschiede zu beobachten. Danach weist der Nordosten eine

stärkere Zunahme auf als der Süden Hessens. Die Höhenlagen erwärmen sich im Sommer etwas mehr, im Winter hingegen weniger als das Tiefland.

Niederschlag

Die prognostizierte Änderung des Niederschlags ist in Abb. 2a und 2b zu sehen. Während es im ECHAM4 B2 Szenario bis zur Mitte des 21. Jahrhunderts im Winter feuchter (um bis zu 25 Prozent, danach wird er wieder trockener) wird, findet man bei ECHAM5 B1 und A2 durchgehend eine starke Zunahme der Winterniederschläge. Die Niederschlagszunahme ist ab Mitte dieses Jahrhunderts bei A2 größer als bei B1 (Abb. 2b). Der Sommer wird bei beiden Szenarien um ca. 20 Prozent trockener (bei ECHAM4 B2 war es um bis zu 30 Prozent) unter Zunahme der Variabilität. Im Herbst und Frühjahr ist keine signifikante Änderung zu erwarten.

Die räumliche Niederschlagsvariabilität ist im Sommer groß (und nimmt stetig zu), im Winter geringer (dafür existieren hier ausgeprägte Luv- und Lee-Effekte).

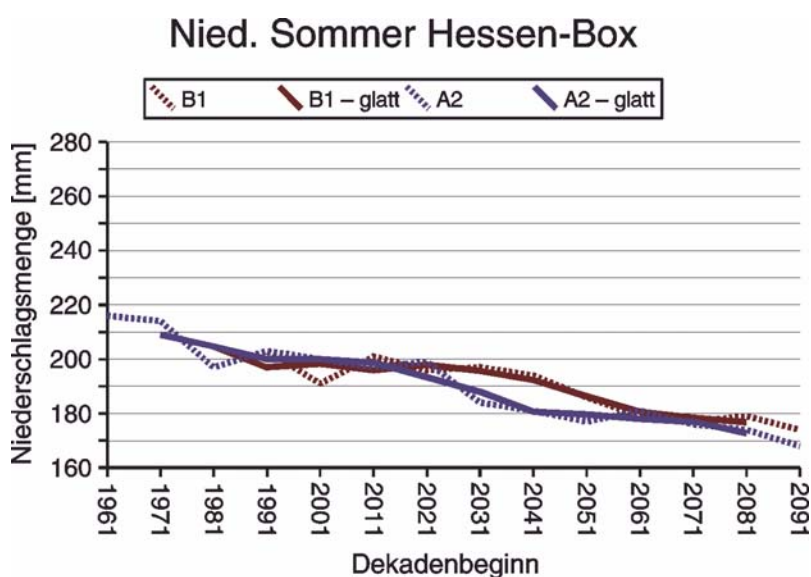


Abb. 2a: Änderung des Sommerniederschlags von 1961-1970 bis 2091-2100 (Dekadenmittelwerte für Hessen) für die Szenarien B1 und A2. Ausgezogene Kurven stellen ein gleitendes Mittel über drei Dekaden dar.

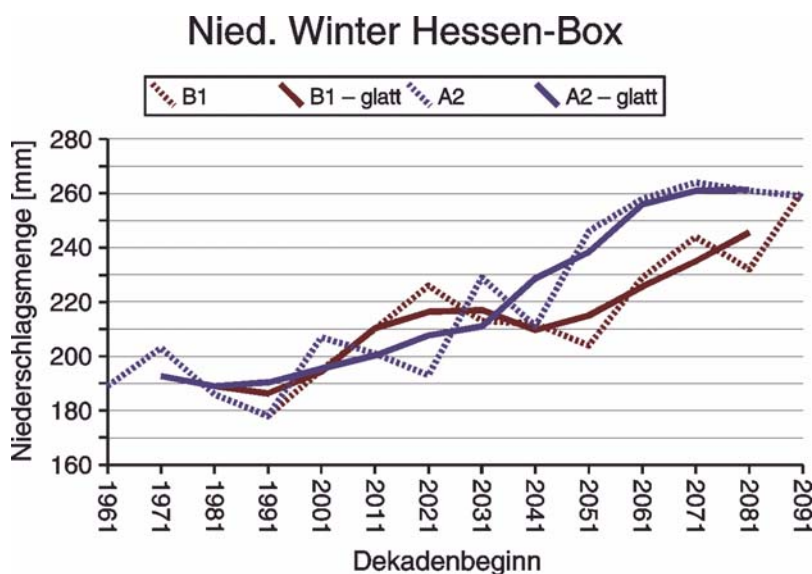


Abb. 2b: Änderung des Winterniederschlags von 1961-1970 bis 2091-2100 (Dekadenmittelwerte für Hessen) für die Szenarien B1 und A2. Ausgezogene Kurven stellen ein gleitendes Mittel über drei Dekaden dar.

Extremereignisse

Neben der Auswertung der Extremereignisse in den simulierten Zeitreihen wurde ein speziell für die Beschreibung der Häufigkeit zukünftiger Extreme relevantes statistisches Verfahren entwickelt und eingesetzt, bei dem nicht das zukünftige Verhalten der Messgrößen Temperatur und Niederschlag direkt bestimmt wird, sondern die Wahrscheinlichkeit der Überschreitung bestimmter Schwellenwerte selbst. Die Parameter einer theoretischen Verteilung werden aus der Beobachtungsreihe und vorgegebenen Intervallen eines Szenarios geschätzt (Abb. 3a ECHAM5 A2), wobei das Schwergewicht der Anpassung auf die Extrembereiche der Verteilung gelegt wird.

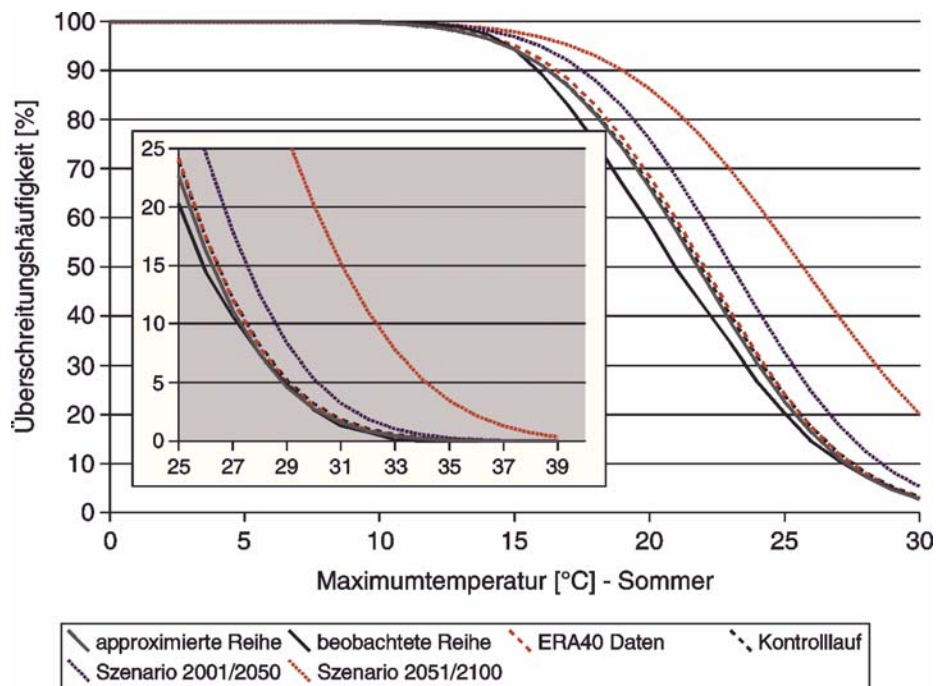


Abb. 3a: Überschreitungswahrscheinlichkeit der Tagesmaximumtemperatur für Wiesbaden für die Zeiträume 2001/2050 und 2051/2100 (ECHAM5 Szenario A2)

Interpretiert man Abb. 3a (rote Kurve), so sind Tagesmaxima von 39°C gegen Ende dieses Jahrhunderts für Wiesbaden nicht mehr ausgeschlossen.

Für den Niederschlag wird als theoretische Verteilungsfunktion die Gumbelverteilung verwendet, die speziell für die Beschreibung der Niederschlagsverteilungen in den Extrembereichen geeignet ist.

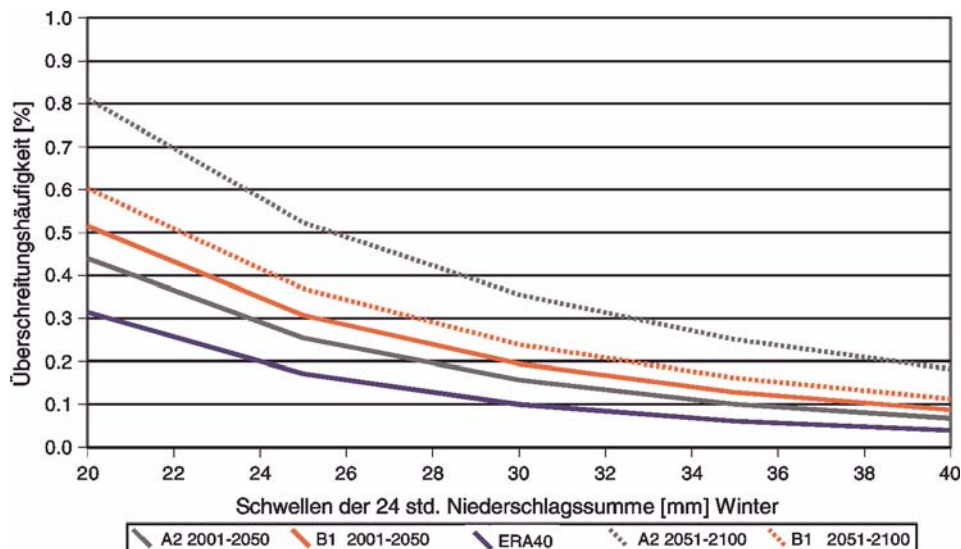


Abb. 3b: Überschreitungswahrscheinlichkeit der 24 std. Niederschlagssumme für Wiesbaden für die Zeiträume 2001/2050 und 2051/2100 (ECHAM5 Szenario A2 und B1)

Gegenüber der Referenzverteilungsfunktion, die aus dem ERA40 Datensatz bestimmt wurde, wird sowohl für das A2 Szenario als auch für das B1 Szenario eine Zunahme der extremen Niederschläge im Winter deutlich. Insgesamt ist die Zunahme extremer Niederschläge im A2 Szenario stärker ausgeprägt als im B1 Szenario.

Verlässlichkeit der Prognosen und Unterschiede zwischen ECHAM4 und ECHAM5

Das statistische Downscaling-Verfahren liefert eine Spannweite von Ergebnissen. Aus diesem Grund werden grundsätzlich 10 Modellläufe durchgeführt. Generell ist zu erwarten, dass Resultate zu robusten Klimaparametern (wie der Tagesmitteltemperatur) mit geringerem Fehler behaftet sind als solche zu labilen Parametern (wie der räumlichen Niederschlagsverteilung). Die größte Fehlerbandbreite wird bei Aussagen zu Extremwerten erwartet, weil statistische Methoden sich schwer tun, neue (im bisherigen Kollektiv also noch nicht vertretene) Zustände konstruieren zu können.

Die Neusimulation regionaler Klimaszenarien für Hessen mit dem gegenüber ECHAM4 deutlich verbesserten ECHAM5/MPI-OM T63L1 globalen Klimamodell mit drei Szenarien (A1B, B1 und A2) erlaubt interessante und notwendige Einblicke in der Variationsbreite einzelner Klimaszenarien und einen gegenüberstellenden Vergleich der Fortentwicklung in der globalen Klimamodellierung. Die Unterschiede zwischen den Modellgenerationen werden auch auf lokaler Ebene sichtbar, wenn auch ein direkter Vergleich des Szenarios B2 von ECHAM4 und ECHAM5 leider nicht möglich war. Die Gründe für die Abkehr vom Szenario B2 liegen in Prioritätslisten, die in IPCC-Gremien erarbeitet wurden, begründet.