

EXTREMEREIGNISSE IN MODELLIERTEN TEMPERATUR- UND NIEDERSCHLAGSZEITREIHEN FÜR DAS ELBEEINZUGSGEBIET IM ZEITRAUM VON 1961 BIS 2050

Katharina Bülow, Daniela Jacob
Max-Planck-Institut für Meteorologie, Bundesstrasse 53, 20146 Hamburg
E-mail: katharina.buelow@zmaw.de

1. Einleitung

Beobachtungen zeigen einen progressiven Erwärmungstrend in Deutschland. Die Eintrittswahrscheinlichkeit von heißen Sommern wie im Jahr 2003 ist im Zeitraum von 1760 bis 2003 um den Faktor 20 gestiegen, wobei dieser Anstieg in den letzten zwei Jahrzehnten beobachtet wurde (Schoenwiese, 2004). Werden die jüngsten Extremereignisse, Hitzesommer 2003 und Elbe Hochwasser 2002, in Zukunft häufiger auftreten? Um diese Frage zu untersuchen wurden die Auswirkungen der zunehmenden Treibhausgaskonzentrationen laut SRES Szenario B2 auf den hydrologischen Kreislauf im Elbeinzugsgebiet für den Zeitraum 1961-2050 untersucht. Das dreidimensionale hydrostatische regionale Klimamodell REMO (Jacob, 2001) wird verwendet, um Temperatur und Niederschlagszeitreihen für das Elbeinzugsgebiet mit einer horizontalen Auflösung von ~18 km zu berechnen. Mit einer doppelten dynamischen „downscaling“ Methode erhält man mit dem gekoppelten globalen Atmosphären-Ozean Zirkulationsmodell ECHAM4-OPYC3 mit einer ~250 km horizontalen Auflösung Ergebnisse für REMO mit ~50 km horizontaler Auflösung, die wiederum als Antrieb für REMO mit einer horizontalen Auflösung von ~18 km dienen.

Die Wahrscheinlichkeiten für das Eintreten von Extremereignissen werden mit der Methode der strukturorientierten Zeitreihenzerlegung (Jonas et al., 2005; Trömel, 2005) berechnet. Dabei werden die Zeitreihen jeder einzelnen Gitterbox durch zeitabhängige Wahrscheinlichkeitsdichtefunktionen beschrieben.

2. Strukturorientierte Zeitreihenzerlegung

Die Monatsmittel der simulierten Zeitreihe der Temperatur und des Niederschlags werden untersucht. Die Elemente der Zeitreihen treten mit Wahrscheinlichkeiten auf, die für die Temperatur durch die Gauß Verteilung und für den Niederschlag durch die Gumbel Verteilung beschrieben werden. Diese Wahrscheinlichkeitsdichtefunktionen werden durch zwei Parameter charakterisiert: die Gauß Verteilung durch Mittelwert und Standardabweichung und die Gumbel Verteilung durch den Lageparameter und den Streuparameter. Die Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion der Gumbel Verteilung ist linkssteil und im Gegensatz zur Gauß Verteilung nicht symmetrisch.

Beide Parameter, die die Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion charakterisieren, variieren zeitlich. In diesem Fall nennt man die Zeitreihen instationär. Die Art der zeitlichen Variation wird vorgegeben. Es handelt sich dabei um Trends und saisonale Variationen, die durch Polynome und trigonometrische Funktionen beschrieben werden. Die Größe dieser deterministischen Anteile wird mit der Maximum-Likelihood Methode bestimmt. Die Methode der schrittweisen Regression wird verwendet, um geeignete Funktionen nach und nach in das Modell aufzunehmen (Storch, 1999). Anschließend werden die deterministischen Anteile aus der Zeitreihe entfernt. Die Residuenreihe wird dann durch eine Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion mit zwei zeitlich konstanten Parametern beschrieben. Ein Kolmogorov-Smirnov Test gibt Aufschluss darüber, ob die Residuenreihe tatsächlich in guter Näherung Gauß bzw. Gumbel verteilt ist, wie anfangs angenommen wurde. Anschliessend wird untersucht, ob Extremereignisse in der Residuenreihe auftreten.

3. Ergebnisse

Die simulierte Monatsmitteltemperatur der Station Magdeburg wird durch den Jahresgang mit einer Amplitude von ~ 8 K dominiert (Abb.1).

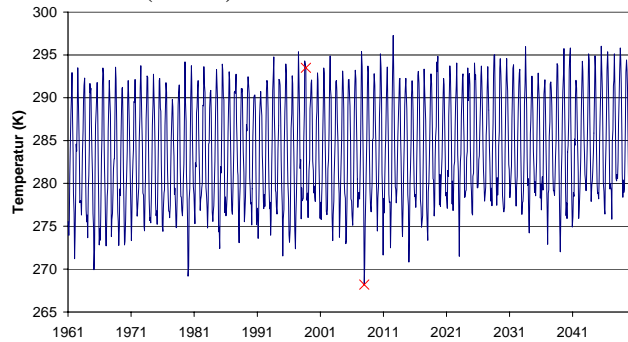


Abb. 1: Temperatur in Magdeburg, simuliert von REMO unter Annahme von SRES B2 (x: Extremwerte)

Unter Anwendung der schrittweisen Regression lässt sich der zeitlich variable Mittelwert durch die Summe von vier Regressoren darstellen: Konstante, Jahresgang, saisonale Schwankungen und linearer Trend (2.8 K). Die Standardabweichung wird durch den Jahresgang und eine Konstante bestimmt. Unter Berücksichtigung des zeitlich variablen Mittelwertes und der Standardabweichung wird die Zeitreihe in die Residuenzeitreihe transformiert (Abb. 2).

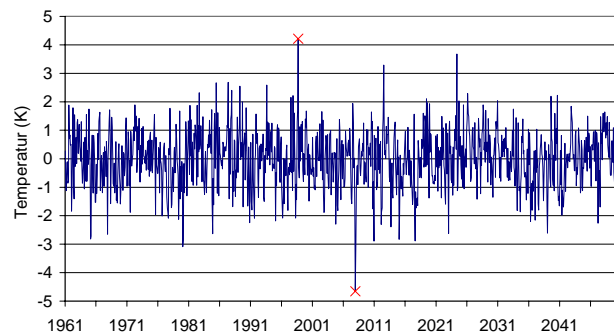


Abb. 2: Residuenreihe der Temperatur in Magdeburg (x: Extremwerte)

Der Kolmogorov-Smirnov Test bestätigt mit 80 % Wahrscheinlichkeit, dass die Modelldaten Gauß verteilt sind. Für jede simulierte Temperaturzeitreihe der Modellgitterboxen des Elbeinzugsgebietes konnte für den Zeitraum von 1961 bis 2050 ein linearer Trend im Mittelwert von 2.6 - 3 K von Westen nach Osten hin zunehmend detektiert werden.

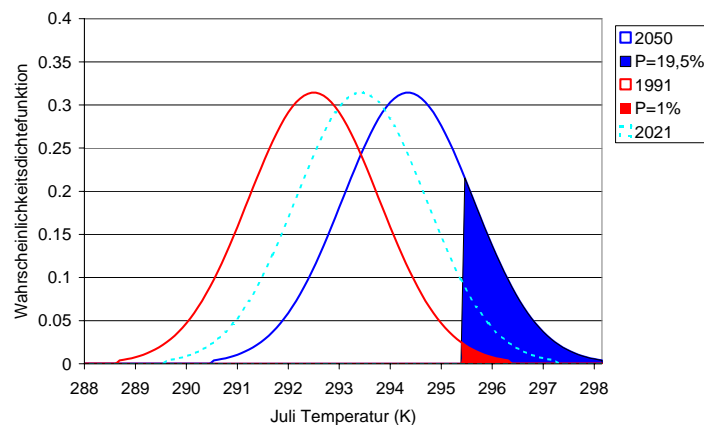


Abb. 3: Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion der simulierten Juli Mitteltemperatur (K) in Magdeburg für 1991 (292.4 K), 2021 (293.4 K) und 2050 (294.3 K). Gekennzeichnet ist die Überschreitungswahrscheinlichkeit von 1 % für 1991 und 19,5 % für 2050 der Temperatur 295.3 K.

Die Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion verschiebt sich im Mittelwert um mehr als 2 K. Zum Beispiel tritt die simulierte Juli Temperatur von Magdeburg 1991 mit Wahrscheinlichkeiten von maximal 1 % auf und sie gehört im Jahr 2050 mit Auftrittswahrscheinlichkeiten von 19.5 % schon nicht mehr zu den Extremereignissen (Abb. 3).

Die Standardabweichung unterliegt einem Jahresgang. Sie nimmt z.B. in Magdeburg im Juli den Wert 2.1 K und im Januar den Wert 1.3 K an. Dies bedeutet, dass die Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion im Januar breiter ist als im Juli und somit die Änderungen der Unterschreitungswahrscheinlichkeiten im Winter nicht so stark ausgeprägt sind. Die Unterschreitungswahrscheinlichkeit von 273 K liegt im Winter 1991 bei 8 % und 2050 bei 1 %.

In den Modellergebnissen treten zwei extreme mittlere Monatstemperaturen auf, die flächendeckend im Elbeinzugsgebiet mit einer Wahrscheinlichkeit von weniger als 5 % auftreten: ein heißer September 1998 und ein kalter Dezember 2007 und (Abb. 2).

Im simulierten Niederschlag im Zeitraum von 1961 bis 2050 konnte für vereinzelte Gitterboxen des Elbeinzugsgebietes auf der windzugewandten Seite des Erzgebirges ein exponentieller Anstieg von 10 % in der letzten Dekade gefunden werden. Die Annahme, dass man den Niederschlag durch die Gumbel Verteilung beschreiben kann wird in vielen Gitterboxen mit 70 % durch den Kolmogorov-Smirnov Test bestätigt. Extremereignisse des Niederschlags mit Auftrittswahrscheinlichkeiten unter 5% treten in Teilen des Elbeinzugsgebietes auf: ein trockener Januar 1999 im deutschen Teil des Elbeinzugsgebietes und ein nasser August 2034 in der Region Böhmerwald.

4. Zusammenfassung

Es konnte für den Zeitraum 1961-2050 ein linearer Trend der Temperatur von mindestens 2.6 K im Elbeinzugsgebiet detektiert werden. Die ausgeprägtesten Änderungen treten in den Auftrittswahrscheinlichkeiten für extreme Sommertemperaturen auf.

Der Niederschlag unterliegt starken horizontalen und zeitlichen Schwankungen. Mit der hier angewandten Methode der strukturierten Zeitreihenanalyse lassen sich keine eindeutigen Klimaänderungssignale im Niederschlag bis 2050 feststellen.

Literaturverzeichnis

Jacob, D. (2001): A note to the simulation of the annual and inter-annual variability of the water budget over the Baltic Sea drainage basin, *Meteorology and Atmospheric Physics*, **77**, 61-73, doi: 10.1007/s007030170017.

Jonas, M., Staeger, T., und C.-D. Schoenwiese, 2005: Berechnung der Wahrscheinlichkeiten für das Eintreten von Extremereignissen durch Klimaänderung – Schwerpunkt Deutschland, Forschungsbericht 20141254, UBA-FB 00845.

Schönwiese, C.-D., Staeger, T., und S. Trömel, 2004: The hot summer 2003 in Germany. Some preliminary results of a statistical time series analysis, *Meteorologische Zeitschrift*, **13** (4), 323-327.

Storch, H. v. und F.W. Zwiers, 1999: *Statistical Analysis in Climate Research*. Cambridge University Press.

Trömel, S., 2005: *Statistische Modellierung von Klimazeitreihen*, Dissertation, Bericht Nr. 2, Institut für Atmosphäre und Umwelt, Universität Frankfurt am Main.