

Probleme der Datenverarbeitung und Modellanwendung bei der Simulation potenzieller hydrologischer Folgen durch den globalen Klimawandel

Konrad Miegel, Birgit Zachow, Ralf Haupt, Thomas Salzman

Universität Rostock, Institut für Umweltingenieurwesen, Satower Str.48 18059 Rostock
konrad.miegel@uni-rostock.de, birgit.zachow@uni-rostock.de,
ralf.haupt@tlugjena.thueringen.de, thomas.salzmann@uni-rostock.de

Abstract:

Veränderungen, die den Wasserhaushalt betreffen, gehören zu den Schlüsselproblemen im Zusammenhang mit Klimaänderungen. Sie spielen sich in unterschiedlichen räumlichen und zeitlichen Skalen ab, weshalb die globalen Veränderungen räumlich mit deutlich ausgeprägten regionalen Mustern in Erscheinung treten. Die Methodenwahl für das regionale Downscaling der globalen Klimasignale sollte unter Berücksichtigung der Aufgabenstellung erfolgen. Zu den Vorgängen mit hoher zeitlicher Dynamik gehören Starkniederschläge, die hochwasser-auslösend und u. a. für die Bemessung von Entwässerungsanlagen von Bedeutung sind. Beim Wasserhaushalt spielen dagegen – z.B. im Zusammenhang mit Grundwasserneubildung und Beregnungsberatung – mittel- und langfristig wirkende Prozesse eine größere Rolle. Die Untersuchungsbeispiele machen deutlich, dass die Bearbeitung solcher Fragestellungen in jedem Fall mit einem hohen Aufwand der Datenverarbeitung verbunden ist.

1 Problemstellung

Zu den Kernfragen im Zusammenhang mit Klimaänderungen gehört die Auswahl eines geeigneten Verfahrens für die regionale Untersetzung globaler Klimasignale. Die Notwendigkeit der regionalen Untersetzung ergibt sich aus der Tatsache, dass die Rasterweite der heute gebräuchlichen globalen Klimamodelle meist nur etwa 500 km beträgt. Sie lässt keine Aussagen über die regionalen Auswirkungen von Klimaänderungen zu. Um dieses Problem zu lösen, wurden verschiedene Verfahren des regionalen Downscaling entwickelt, mit denen die Simulationsergebnisse globaler Modelle (Szenarios) in den regionalen Maßstab heruntergebrochen werden können. Dabei unterscheidet man grob zwischen dynamischen und statistischen Downscaling-Methoden.

Die resultierenden Datenreihen meteorologischer Parameter bilden schließlich die Eingangsinformation in hydrologische Modelle, um mögliche Folgen für hydrologische Prozesse und den Wasserhaushalt abschätzen zu können. Die entsprechende Methodenkette ist insgesamt mit einem hohen Aufwand der Datenverarbeitung verbunden.

2 Modelle des Downscaling

Zu den in Deutschland am weitesten verbreiteten Modellen des regionalen Downscaling gehören die Modelle REMO und WETTREG, die gemeinsam mit anderen Modellen durch Bartels [Ba04] vergleichend diskutiert und im Rahmen eigener Untersuchungen zur Behandlung von zwei grundsätzlich unterschiedlichen Fragestellungen eingesetzt worden sind. Dabei bildeten globale Simulationsläufe mit ECHAM5 (MPI Hamburg) bis 2100 den Ausgangspunkt.

Mit dem dynamischen Modell REMO erfolgt ein physikalisch begründetes Downscaling der Simulationsergebnisse (Szenarios) globaler Klimamodelle. Es rechnet die dynamischen Vorgänge in der Atmosphäre unter Berücksichtigung regionaler Besonderheiten (z. B. Küstenlagen, Höhenzüge) auf ein Gitternetz mit einer Auflösung von ca. 10 x 10 km herunter. Im Ergebnis liegen flächendeckend Gitterpunkt-Daten in Form von Stundenwerten für die Jahre 1950-2100 vor. Mecklenburg-Vorpommern (M-V) wird von ca. 600 Rastern dieser Größe überdeckt. Alle Raster zu bearbeiten, um z.B. Bemessungsniederschläge statistisch abzuleiten, wäre mit einem Aufwand verbunden, der nur durch eine automatisierte Methoden- und Modellkette bewältigt werden kann. Eine Alternative stellt die Ausweisung von weitgehend homogenen Teilregionen dar, die durch ausgewählte Einzelraster repräsentiert werden können.

Ein anderer Weg des regionalen Downscaling wird mit Verfahren beschritten, die von statistischen Zusammenhängen ausgehen, die an langjährig beobachteten Klimastationen abzuleiten sind. Dafür stehen in M-V Beobachtungen von 10 Klimastationen zur Verfügung. Beim Modell WETTREG finden zusätzlich noch Wetterlagen Berücksichtigung, die bis zu einem gewissen Grad die Dynamik des Witterungsverlaufes widerspiegeln. WETTREG liefert Projektionen für 10 Klimaparameter (Zeitraum 1961 bis 2100), die für den Standort der jeweiligen meteorologischen Station gültig sind und hier bei der Simulation des Bodenwasserhaushalts als Eingangsgrößen dienen. Insgesamt liegen je Dekade 10 Simulationsläufe vor mit Tageswerten von 20 Jahren je Lauf, die dem mittleren Zustand der Wetterlagenhäufigkeit in der Dekade entsprechen. In die vorliegenden Auswertungen konnten nur Daten eines Simulationslaufes einbezogen werden.

Sowohl WETTREG-Daten als auch Daten des Klimamodells REMO sind für die drei IPCC-Szenarien B1, A1B und A2 (vergleichsweise niedriger, mittlerer oder hoher Anstieg der Emissionsraten) verfügbar. Bei den hier vorgestellten Untersuchungen bildeten die Simulationsdaten des mittleren Szenarios A1B die Grundlage. Der ohnehin gewaltige Datenumfang würde sich demzufolge bei der Untersuchung aller drei IPCC-Szenarien noch verdreifachen.

Die Ausführungen machen deutlich, dass sowohl die Verarbeitung der anfallenden Daten als auch die weiterführenden Auswertungen sehr aufwendig sind und sich nicht ohne Einschränkungen realisieren lassen (siehe Abbildung 1).

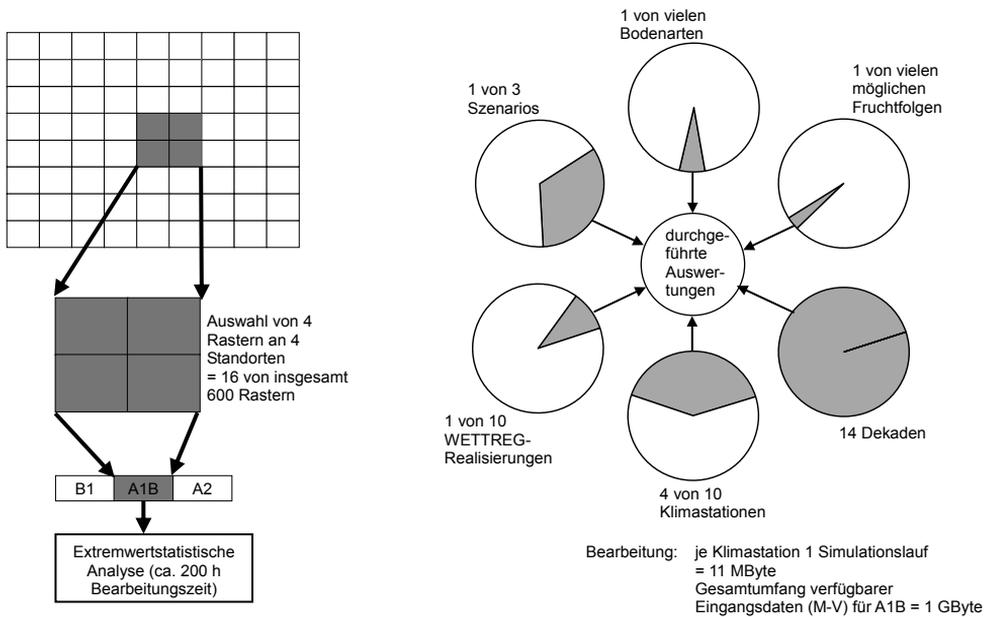


Abbildung 1: Verdeutlichung des großen Arbeitsaufwandes trotz verschiedener Beschränkungen bei der Starkregenanalyse (linkes Bild) und bei den Wasserhaushaltsberechnungen (rechtes Bild)

3 Simulationsergebnisse

Die bisherigen Untersuchungen zu Auswirkungen des Klimawandels auf Extremniederschläge in Mecklenburg-Vorpommern bis 2100 beschränkten sich aufgrund des enormen Arbeitsaufwandes auf ausgewählte Modellgebiete (Schwerin, Rostock/Warnemünde, Teterow, Ueckermünde) bestehend aus jeweils 4 Rastern, die mehr als 200 h Arbeitszeit für die Datenaufbereitung, Datenprüfung, Trendanalyse und Prüfung auf Ausreißer beanspruchten. Dabei wurden methodische Erfahrungen gesammelt, die für spätere flächendeckende Untersuchungen potenziell von hohem Nutzen sein dürften.

Nach der systematischen extremwertstatistischen Auswertung verschiedener Starkregenparameter aus der REMO-Simulation zeichnet sich deutlich eine Erhöhung dieser Kennwerte in der zweiten Hälfte des Jahrhunderts ab. Die Übertragung dieser Erhöhungen auf die aktuelle wasserwirtschaftliche Bemessungsgrundlage, den KOSTRA-Atlas, würde verbreitet eine Zunahmen der Starkregen-Bemessungskennwerte um 15 bis 30 % bedeuten. In Einzelfällen kann die Erhöhung noch größer ausfallen.

Auch die Untersuchungen zur Simulation des Bodenwasserhaushaltes landwirtschaftlich genutzter Böden konnten auf Grund des dafür notwendigen, außerordentlich großen Zeitaufwandes nicht flächendeckend für ganz M-V durchgeführt werden. Demzufolge mussten Referenzstationen ausgewählt werden: Schwerin (Westmecklenburg), Teterow (zentrale Lage-Übergangsbereich), Ueckermünde (östliches Vorpommern), Greifswald (nordöstliches Vorpommern) und Warnemünde (Küsteneinfluss). Der Datenverarbeitungsaufwand war trotzdem noch enorm (Einzellauf für eine Station 1961-2100 und

10 Klimaparameter: 14 Dekaden x 20 Jahre, Umfang der Eingangsdaten 11 MByte – siehe auch Abbildung 1).

Bei der Verwendung entsprechender Datenreihen, z.B. zur Simulation des Bodenwasserhaushalts landwirtschaftlich genutzter Böden, sind diese weiterführend auf unbeobachtete Standorte zu übertragen. Dabei stellen die Übertragung der punktuellen Klimainformationen in die Fläche und die Betrachtung größerer Landschaftsausschnitte mit ihren vielfältigen Boden- und Nutzungsverhältnissen zwei grundsätzlich unterschiedliche Probleme dar, die jeweils spezifische Lösungsansätze erfordern.

Um regionale Unterschiede bei den Klimaänderungen in ihrer Wirkung auf den Bodenwasserhaushalt besser vergleichbar zu machen, wurde bei den Szenariosimulationen zunächst von den gleichen Boden- und Bewirtschaftungsverhältnissen ausgegangen. Die gewählte, dominierende Bodenart ist die Parabraunerde, die ausgewählt worden ist, weil sie in allen Regionen von M-V anzutreffen und damit für weite Bereiche unseres Bundeslandes repräsentativ ist. Als Fruchtfolge wurde die für M-V typische Folge Wintergerste, Winterweizen, Winterraps gewählt.

Die Auswertung der Simulationsrechnungen mit WETTREG-Daten ergab infolge der höheren winterlichen Niederschläge an allen untersuchten Stationen einen starken Anstieg der Grundwasserneubildung ab ca. Januar bis in das zeitige Frühjahr. Damit würde für diesen Zeitraum ein höheres Grundwasserdargebot zur Verfügung stehen. Das gilt jedoch nur unter der Bedingung, dass sich die Bodennutzung nicht grundsätzlich ändert.

Als Risiko stellt sich der Rückgang des Bodenwasservorrates und damit verbunden der Grundwasserneubildung in den Sommermonaten dar, die nach der Phase der intensiven Zehrung durch Verdunstung bis Ende Mai vor allem auf den Niederschlagsrückgang in den Sommermonaten zurückzuführen ist. Im Zeitraum bis 2100 findet in den Monaten Juni bis Oktober so gut wie keine Grundwasserneubildung mehr statt. Es können sich Verringerungen der Bodenfeuchte in der Vegetationsperiode um bis zu 22% ergeben. Der bereits heute trockenere östliche Landesteil ist davon stärker betroffen.

Literaturverzeichnis

- [Ba04] Bartels, H. (2004): Vergleich regionaler Klimaszenarienrechnungen für Süddeutschland. – In: 2. Symposium Klimaveränderung und Konsequenzen für die Wasserwirtschaft (KLIWA), S. 73-86
- [Ge00] Gerstengarbe, F.-W.: Ein Klimaszenarienmodell für Deutschland. KLIWA-Symposium 2000, 104-121
- [IPCC01] IPCC: Klimaänderung 2001. Synthesebericht. Zwischenstaatlicher Ausschuss für Klimaänderungen (International Panel on Climate Change IPCC), Deutsche IPCC Koordinierungsstelle des BMBF und BMU, Bonn, www.ipcc.ch.
- [Mi07] Miegel, K., Zachow, B., Haupt, R., Hilgert, T.: Studie zur zukünftigen Wasserwirtschaft in Mecklenburg-Vorpommern als Folge des globalen Klimawandels. Abschlussbericht 2007
- [MWAT08] Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Tourismus M-V: Das Klima bewegt uns. Klimaänderung in Mecklenburg-Vorpommern – Erste Analysen und Handlungsempfehlungen. Zusammenfassender Endbericht 2008