



## Kurze Mitteilung

Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung  
Potsdam, 1.2.2018, Alle Rechte vorbehalten  
DOI 10.2312/PIK.2018.001

# Wenn Klimaprojektionen heimkehren: Ungewöhnliche Einsichten für deutsche Flüsse aus einer Klimawirkungsstudie für Pekings Guanting-Region

F. Wechsung<sup>1</sup> & H.J. Schellnhuber<sup>1</sup>

[wechsung@pik-potsdam.de](mailto:wechsung@pik-potsdam.de),

<sup>1</sup>Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung (PIK), Telegrafenberg, P.O. Box 601203,  
D-14412 Potsdam Germany

## Von Potsdam in Pekings Guanting-Region

Mögliche Ausprägungen des regionalen Klimawandels und ihre Konsequenzen für den Wasserhaushalt der deutschen Hauptstadt Berlin und die sie umgebenden Flussgebiete von Havel, Spree und Elbe sind wiederkehrender Gegenstand von Analysen seit den ersten Tagen des Potsdam-Instituts für Klimafolgenforschung (PIK) gewesen (Gerstengarbe et al. 2003; Wechsung et al. 2005) .



Abb. 1: Lage des Guanting-Einzugsgebietes (durchgezogene Linie um Datong) innerhalb des Haihe Flussgebietes (gestrichelte Linie, Abb. 2.3 aus Wechsung et al. 2017).

Die hierbei im Zusammenwirken mit anderen deutschen Forschungseinrichtungen entwickelten Szenariotechniken und Modelle wurden seit dem Jahr 2010 auch in China in der Guanting-Region nordwestlich von Peking im Rahmen eines deutsch-chinesischen Gemeinschaftsprojektes angewendet. Die Arbeiten wurden sowohl vom Deutschen als auch dem Chinesischen Forschungsministerium gefördert. Der Guanting-Staudamm, der Peking im Hochwasserfall vor den Wassermassen des Yongding schützt, ist innerhalb China weit bekannt: Es war das erste Bauwerk dieser Größenordnung, welches unmittelbar nach Ausrufung der Volksrepublik geplant und dann auch zügig fertiggestellt wurde. Die Guanting-Region, die in den Staudamm entwässert, umfasst eine Fläche von 43.000 km<sup>2</sup> (Abb. 1). In ihr befinden sich auch die beiden bedeutsamen Städte Zhangjiakou - die Gastgeberstadt der Winterspiele von 2022 - und Datong - die Kohlehauptstadt Chinas.

Der deutsch-chinesische Forschungsverbund für die Guanting-Region führt eine lange Forschungstradition fort. Sie reicht von dem deutschen Geographen Ferdinand von Richthofen, der die Region im letzten Viertel des 19. Jahrhunderts bereiste und beschrieb, bis zu jüngsten Aktivitäten des Landes Brandenburg, welches mittelständische Firmen des Landes bei der Verbesserung der Wasserqualität des Yongding-Abflusses nach Peking unterstützte.

Die durch den Forschungsverbund gewonnenen Einsichten wurden kürzlich bei Schweizerbart unter dem englischen Titel ‚Sustainable Water and Agricultural Land Use in the Guanting Basin under Limited Water Resources‘ (deutsch: ‚Nachhaltige Wasser- und Landnutzung im Guanting-Einzugsgebiet bei knappen Wasserressourcen‘) veröffentlicht (Wechsung et al. 2017).

## Einsichten in China für Deutschland

Wie bei ähnlichen Anwendungen von PIK-Modellen, die zunächst für deutsche Bedingungen entwickelt und getestet wurden, war eine erneute Validierung der wissenschaftlichen Qualität nötig, bevor sie in breiterem Umfang vor Ort eingesetzt werden konnten. Vielfach kommt es hierbei zu Modellverbesserungen. Dies ist auch dieses Mal bei einigen der eingesetzten Modelle geschehen. In einem Fall ergab sich aber eine völlig neue, eher selten öffentlich dargestellte Situation, deren Bewältigung jedoch nach unserer Auffassung von allgemeinerem Interesse ist und deshalb hier ausführlicher beschrieben werden soll.

Das am PIK entwickelte statistische Modell STARS, welches für Brandenburg und Deutschland zuvor vielfach in Studien verwendet worden war (Gerstengarbe et al. 2013; 2015), erwies sich als nur unter Vorbehalt einsatzfähig. Die Grundannahme des Modells besteht in der Nutzbarkeit der inter-annuellen Variabilität, das heißt, der jahresweisen Änderungen in den Relationen zwischen der Temperatur und den anderen Klimavariablen, für die Projektion des Klimawandels ausgehend von einem vorgegebenen Temperaturanstieg. Diese Grundannahme erwies sich als nicht haltbar.

Wenn man den zu einer langfristige Erwärmung zugehörigen Niederschlagstrend in einer Region sucht, ergäbe sich aus dieser Grundannahme für viele Gebiete in den gemäßigten Klimabreiten notwendigerweise, dass die Niederschläge im Sommer tendenziell eher zurückgehen, und im Winter eher zunehmen müssen. Dies folgt aus dem Umstand, dass wärmere Sommer in diesen Regionen gewöhnlich sonnenscheinreicher und niederschlagsärmer sind, und wärmere Winter mit einer stärkeren Bewölkung und höheren Niederschlägen einhergehen (Wechsung & Wechsung 2015; 2016). Das Modell

STARS kann ausgehend von seiner Grundannahme zwar Wetterreihen generieren, die genau diese Entwicklungen illustrieren, es bildet jedoch keine tatsächlichen Zusammenhänge zwischen langfristigen Klimaänderungen nach und genügt damit nicht den Ansprüchen an ein Klimamodell. Die hier kurz skizzierten Einsichten basieren auf theoretischen Analysen, die aus gegebenen Anlässen (siehe unten) im Verlauf des Guanting-Projektes durchgeführt wurden. Sie sind mittlerweile in Fachzeitschriften publiziert (Wechsung & Wechsung 2015; 2016).

Angestoßen durch diese in einem China-Projekt gewonnenen Erkenntnisse wurden die oben erwähnten früheren Studien zu den Ostdeutschen Flussgebieten Havel, Spree und Elbe wiederholt, wobei neueste Ensemblerechnungen von aktuellen globalen Klimamodellen, die am PIK hierfür aufbereitet wurden, Verwendung fanden (Warszawski et al. 2014).

Im Ergebnis musste geschlussfolgert werden, dass die bisherigen auf STARS basierenden Studien zu klimabedingten regionalen Änderungen bei Niederschlägen und Abflüssen deutlich zu korrigieren sind. Die künftigen jährlichen Niederschlagssummen für Ostdeutschland bleiben danach zumeist stabil und nehmen nicht wie in den STARS-Szenarien deutlich ab. Insbesondere der Niederschlagsrückgang im Sommer bleibt auf eine kürzere Phase begrenzt und fällt weniger umfassend aus (vgl. auch Hübener et al. 2017). Die STARS-Szenarien stimmten auch nicht zufällig mit den Änderungstendenzen in den analysierten Ensemblerechnungen überein (frei nach 'ex falso quodlibet' - aus Falschem folgt Beliebiges), was aus jeweils unterschiedlichen Gründen durchaus denkbar wäre.

Ein Rückgang der Niedrigwasserabflüsse wäre für das große Teile Ostdeutschlands entwässernde Elbegebiet als Folge der aktuellen Niederschlagsprojektionen immer noch zu konstatieren. Dieser wäre aber weniger stark und würde dann vor allem verursacht durch die jeweils infolge der ansteigenden Temperaturen erwarteten Effekte: verminderte Füllung der Schneespeicher in den Mittelgebirgen und zunehmende Verdunstung von Land- und Wasserflächen (Roers & Wechsung 2015; Roers et al. 2016).

Ungeachtet dieser Neueinordnung liefern die auf den ursprünglichen STARS-Szenarien basierenden Studien immer noch wichtige Informationen zu den Folgen extremer Trockenheiten und möglichen Anpassungsoptionen (Wechsung et al. 2005; 2013).

Für die Szenarien-Region in China waren die methodischen Einsichten zum STARS-Modell noch relevanter als für die Elberegion, was letztlich auch die vertiefende Analyse motiviert hat. In Diskussionen mit der „Haihe River Conservancy Commission“, der für das Gebiet zuständigen chinesischen Flussgebietskommission und somit einem wesentlichen Stakeholder des Projektes, wurde mehrfach betont, dass sich aus den ersten Ergebnissen des STARS-Modells eine deutliche Abnahme der Hochwassergefahr ableiten ließe. Die Abnahme der Hochwassergefahr würde aus einer der Grundannahme von STARS folgenden Abnahme von Starkniederschlägen insbesondere im Sommer resultieren.

Die jüngst veröffentlichte umfassende Vergleichsstudie REKLIES-DE zu den aktuell für Deutschland verfügbaren Klimasimulationen illustriert die Konsequenzen des STARS-Prinzips nachträglich noch einmal auch für Deutschland (Hübener et al. 2017, S.22): „Im Vergleich zwischen den Zeiträumen 2071–2100 und 1971–2000 nimmt in allen Simulationen außer bei dem Modell STARS3 die Niederschlagsmenge

oberhalb des 95. und 99. Perzentils zu.“ In Abb. 2 sind die der Studie entnommenen Grafiken, auf die sich diese Aussage bezieht, zusammengestellt und erläutert.

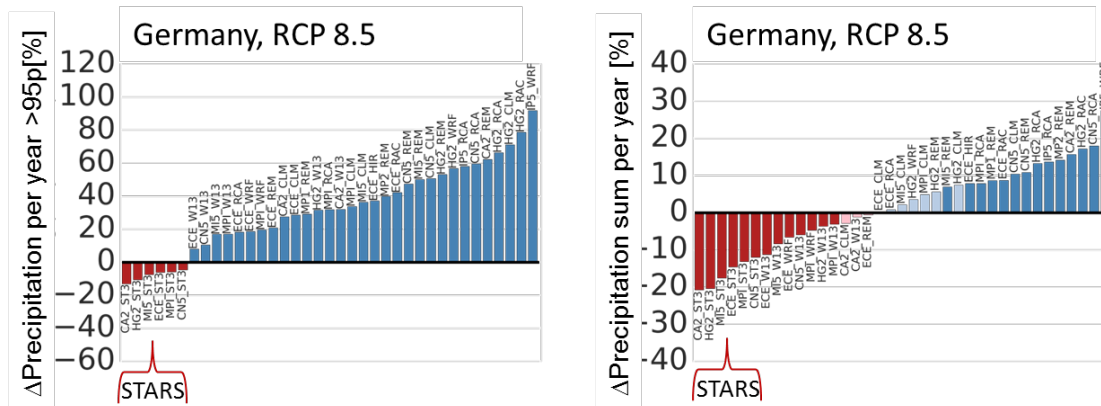


Abb.2: Vergleich der Simulationsergebnissen unterschiedlicher Kombinationen globaler (vorderer Teil der Bezeichnungen an den Balken) und regionaler Klimamodelle (hinterer Teil der Bezeichnungen an den Balken) mit Ergebnissen des Modells STARS (hier als ST3 bezeichnet) für das Szenario RCP 8.5. Dargestellt sind die Änderungen zwischen den Perioden 2071–2100 und 1971–2000 für die Summe der extrem hohen Niederschläge eines Jahres oberhalb des 95. Perzentils (links) und die Änderungen in der Niederschlagssumme (rechts) (vgl. Hübener et al. 2017, Abb. 5.4, S. 22; Abb. 8.5, S. 37, Grafiken aus [https://swift.dkrz.de/v1/dkrz\\_a88e3fa5289d4987b4d3b1530c9feb13/ReKliEs-De/Internet-ReKliEs-De/startseite.html#Einzelbilder](https://swift.dkrz.de/v1/dkrz_a88e3fa5289d4987b4d3b1530c9feb13/ReKliEs-De/Internet-ReKliEs-De/startseite.html#Einzelbilder), letzter Zugriff 22.1.2018)

Eine zurückgehende Hochwassergefahr würde eine Zurückstufung der Hochwasserschutzfunktion von Talsperren erlauben und damit in der Guanting-Region zusätzliche Wasserreserven für die Beregnung landwirtschaftlicher Flächen in Trockenperioden freigeben.

Die ergänzend zu den STARS-Simulationen für die Guanting-Region durchgeführten Analysen von Simulationen eines weiten Spektrums globaler Klimamodelle (Abb. 3) wiesen jedoch auch hier in eine andere Richtung: Danach würden die Extremniederschläge eher zunehmen (Abb. 3 links, hellgraues Hintergrundgebirge) und die Hochwassergefahr (Abb. 3 rechts, oberer Rand der Punktwolke) nicht zurückgehen (Menz 2017; Conradt 2017).

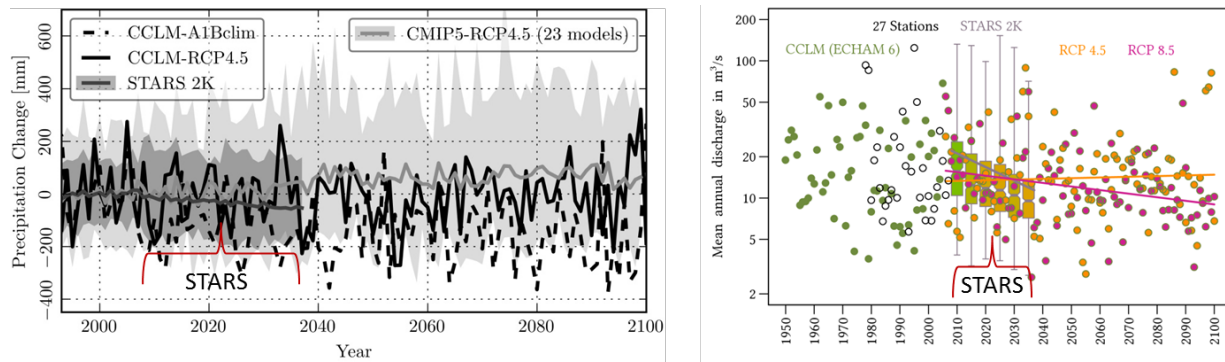


Abb. 3: Simulierte Niederschlags- (links; Menz 2017, Abb. 3.7 S. 78) und Abflusstendenzen (rechts; Conradt, Abb. 4.13 S.99) für das Guanting-Gebiet. Die Simulationen mit STARS wurden für einen postulierten Temperaturanstieg von 2°C zwischen der Referenzperiode 1978-2007 und der Pentade 2033-2037 für den Zeitraum 2013 bis 2037 durchgeführt. Im Vergleich hierzu sind Niederschlags- und Abflusssimulationen dargestellt, die auf Läufen des dynamischen regionalen Klimamodells CCLM für unterschiedliche globale Antriebe durch das Klimamodell ECHAM6 beruhen (Niederschlag, links und Abfluss, rechts) und Simulationen mit insgesamt 23 globalen Klimamodellen zur Niederschlagsentwicklung (links) bis zum Ende des Jahrhunderts.

Die Ergebnisse werden bestätigt durch eine jüngste Veröffentlichung des PIK zur Wirkung eines state-of-the-art Ensembles von Klimaszenarien auf Hochwasserrisiko und Anpassungsbedarf in der Periode 2035 bis 2044 (Willner et al. 2018). Die Autoren zeigen innerhalb ihrer Analyse einen räumlich konsistenten ansteigenden Anpassungsbedarf gegenüber einem klimabedingt zunehmenden Hochwasserrisiko im Haihe Flusseinzugsgebiet, in dem sich Peking und auch die Guanting-Region befinden (ebenda, Fig. 3).

Die regionalen Folgen der Rekordniederschläge der Sommer 2011 und 2012 in Peking und Umgebung illustrierten nochmals die Relevanz einer sich gegebenenfalls auch auf Szenarienanalysen der deutsch-chinesischen Forschergruppe berufenden falschen Weichenstellung in Richtung nachlassenden Hochwasserschutzes.

Dessen ungeachtet, bleibt Wasserknappheit ein ernstes Problem für die Guanting-Region. Dies haben die umfangreichen Analysen mit anderen Klimamodellen ebenfalls gezeigt (Abb. 3 rechts, unterer Rand der Punktwolke). Die an den STARS-Simulationen im Guanting-Projekt anknüpfenden hydrologischen und ökonomischen Folgebetrachtungen (Abb. 3 rechts, Zentrum) konnten demnach immer noch genutzt werden, um die Empfindlichkeit der wasserbezogenen ökonomischen Sektoren in der Region gegenüber trockeneren Sommern zu analysieren, und das wurde dann auch in verantwortungsvoller Weise getan.

Die Wasserverfügbarkeit pro Einwohner in der Guanting-Region zählt gegenwärtig zu den niedrigsten Werten der Welt. Dies hat zu einer starken Nutzung von Grundwasserressourcen geführt. Die Untersuchungen im Guanting-Projekt haben gezeigt, dass sich die hierdurch erfolgte Absenkung des Grundwasserniveaus unter Klimawandel verstärkt fortsetzen wird, wenn nicht drastische Maßnahmen jenseits der bisher betrachteten Szenarien für einen sparsameren Umgang mit Wasser in Landwirtschaft, Industrie und Kommunen ergriffen werden. Die Probleme verschärfen sich zudem noch bei einem fortgesetzten Rückgang der Gewässergüte der Oberflächengewässer. Dies erhöht den Nutzungsdruck auf die verbliebenen vergleichsweise sauberen Grundwasserressourcen des Gebietes. Nachhaltige Wassernutzung bleibt daher eine Herausforderung für die Region. Die Randbedingungen, Voraussetzungen und Möglichkeiten hierfür sind nun jedoch klarer dargelegt als zuvor.

Deutsche Geo- und Umweltwissenschaftler können diesen Prozess unterstützen und gleichzeitig eine lange Forschungstradition lebendig halten mit wertvollen Einsichten zu den bisher in Deutschland genutzten Forschungsansätzen und Modellen, die dann wieder mit zurück nach Hause genommen werden können. Diese neuen Einsichten resultieren jedoch nicht nur aus dem erweiterten Testgebiet für Modellansätze, sondern auch aus den andersgearteten Konfliktlagen, in die Forschergruppen aus Deutschland dann eintreten.

In unserem Kontext stand eine Verminderung des Hochwasserschutzes als Konsequenz der STARS-Szenarien nie als eine mögliche Politikreaktion für Deutschland im Raum. Der ursprünglich projizierte drastische Rückgang des Niedrigwasserniveaus in deutschen Flussgebieten wurde nur mit Blick auf unmittelbar betroffene Nutzer, wie Kraftwerke und die Schifffahrt, erörtert. Hier offenbarten die Auswirkungsrechnungen plausible Verletzlichkeiten. Die daraus resultierenden Anpassungsnotwendigkeiten erzeugten allerdings bereits einen erhöhten Begründungsdruck für das verwendete Szenarienmodell. Die Reaktion darauf blieb jedoch den Modellentwicklern überlassen.

Die stärkere Verknüpfung der Fragestellungen von Hochwasserschutz und Niedrigwasserauffüllung im Anwendungsgebiet Guanting erzwangen eine noch rigorosere Infragestellung des verwendeten Ansatzes, die diesmal über den inneren Kreis der Modellentwickler hinausgehen musste. Diese Herausforderung hätte es ohne die als dramatischer empfundene Konfliktlage in der Untersuchungsregion zwischen Forderungen nach leereren und volleren Talsperren zur Minderung des Hochwasser- bzw. des Trockenheitsrisikos wahrscheinlich nicht gegeben. Der eingetretene Perspektivenwechsel ist damit rückblickend als ein wesentlicher Gewinn der zeitweiligen Verlagerung der Forschungen nach China für die wissenschaftliche Fundierung von Klimaszenarien für Deutschland anzusehen.

## Literaturverzeichnis

Conradt T (2017). Simulation of natural water availability with the eco-hydrological model SWIM S. 85-106 In: Wechsung F, Kaden S, Venohr M, Hofmann J, Meisel J & XU Z (2017). Sustainable water and agricultural land use in the Guanting basin under limited water resources. 397 S., Schweizerbart Science Publisher, Stuttgart

Gerstengarbe FW, Badeck F, Hattermann F, Krysanova V, Lahmer W, Lasch P, ... & Werner PC (2003). Studie zur klimatischen Entwicklung im Land Brandenburg bis 2055 und deren Auswirkungen auf den Wasserhaushalt, die Forst- und Landwirtschaft sowie die Ableitung erster Perspektiven. *PIK report, 83, 77*. <https://www.pik-potsdam.de/research/publications/pikreports/summary-report-no-83> (google scholar 176 Zitate, 25.7.2017)

Gerstengarbe FW, Hoffmann P, Österle H & Werner PC (2015). Ensemble simulations for the RCP8.5-Scenario. *Meteorologische Zeitschrift*, 1(2015), 147-156.

Gerstengarbe FW, Werner PC, Österle H & Burghoff O (2013). Winter storm-and summer thunderstorm-related loss events with regard to climate change in Germany. *Theor and Appl Climatol*, 114(3-4), 715-724.

Hübener H, Bülow K, Fooker C, Früh B, Hoffmann P, Höpp S, Keuler K, Menz C, Mohr V, Radtke K, Ramthun H, Spekat A, Steger C, Toussaint F, Warrach-Sagi K, Woldt M (2017). Ergebnisbericht REKLIES-DE - Regionale Klimaprojektionen Ensemble für Deutschland. 76 S., <http://reklies.hlnug.de/fileadmin/tmpl/reklies/dokumente/ReKliEs-De-Ergebnisbericht.pdf>, last access 22.01.2018

Menz C (2017). Regional climate modeling S. 67-84 In: Wechsung F, Kaden S, Venohr M, Hofmann J, Meisel J & XU Z (2017). Sustainable water and agricultural land use in the Guanting basin under limited water resources. 397 S., Schweizerbart Science Publisher, Stuttgart

Roers M, Wechsung F (2015). Reassessing the climate impact on the water balance of the Elbe River basin. *Hydrologie und Wasserbewirtschaftung* 59 (3):109-119. doi:10.5675/HyWa\_2015,3\_3 <http://www.hywa-online.de/hywa-2014/?wpdmdl=2630>

Roers M, Venohr M, Wechsung F & Paton E N (2016). Effekte des Klimawandels und von Reduktionsmaßnahmen auf die Nährstoffeinträge und -frachten im Elbegebiet bis zur Jahrhundertmitte. – *Hydrologie und Wasserbewirtschaftung* 60 (3), 196–212; DOI: 10.5675/HyWa\_2016,3\_3 <http://www.hywa-online.de/effekte-des-klimawandels-und-von-reduktionsmassnahmen-auf-die-naehrstoffeintraege-und-frachten-im-elbegebiet-bis-zur-jahrhundertmitte/#>

Warszawski L, Frieler K, Huber V, Piontek F, Serdeczny O, & Schewe J (2014). The inter-sectoral impact model intercomparison project (ISI-MIP) project framework. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(9), 3228-3232.

Wechsung F, Becker A, Gräfe P (Ed.) (2005). Auswirkungen des globalen Wandels auf Wasser, Umwelt und Gesellschaft im Elbegebiet (Vol. 6). 407 Seiten, ISBN 3-89998-062-X, Weissensee Verlag, Berlin 2005 (google scholar 45 Zitate, 25.7.2017)

Wechsung F, Hartje V, Kaden S, Venohr M, Hansjürgens B, Gräfe P (Hrsg.) (2013). Die Elbe im globalen Wandel. Eine integrative Betrachtung. Konzepte für die nachhaltige Entwicklung einer Flusslandschaft, Bd. 9, 630 S., ISBN 978-3-89998-213-8, Weissensee-Verlag, Berlin

Wechsung F, Wechsung M (2015). Drier years and brighter sky – the predictable simulation outcomes for Germany’s warmer climate from the weather resampling model STARS. *International Journal of Climatology*, 35: 3691–3700 [doi:10.1002/joc.4220]

Wechsung F, Wechsung M (2016). A methodological critique on using temperature-conditioned resampling for climate projections as in the paper of Gerstengarbe et al. (2013) winter storm- and summer thunderstorm-related loss events in Theoretical and Applied Climatology (TAC). *Theor Appl Climatol* 126: 611 [doi.org/10.1007/s00704-015-1600-1]

Wechsung F, Kaden S, Venohr M, Hofmann J, Meisel J, & XU Z (2017). Sustainable water and agricultural land use in the Guanting basin under limited water resources. 397 p., (Konzepte für die nachhaltige Entwicklung einer Flusslandschaft, Band 8) Schweizerbart Publisher, Stuttgart Germany, ISBN 978-3-510-65325-6

Willner SN, Levermann A, Zhao F and Frieler K (2018). Adaptation required to preserve future high-end river flood risk at present levels. *Science Advances*, 4(1), p.eaao1914.