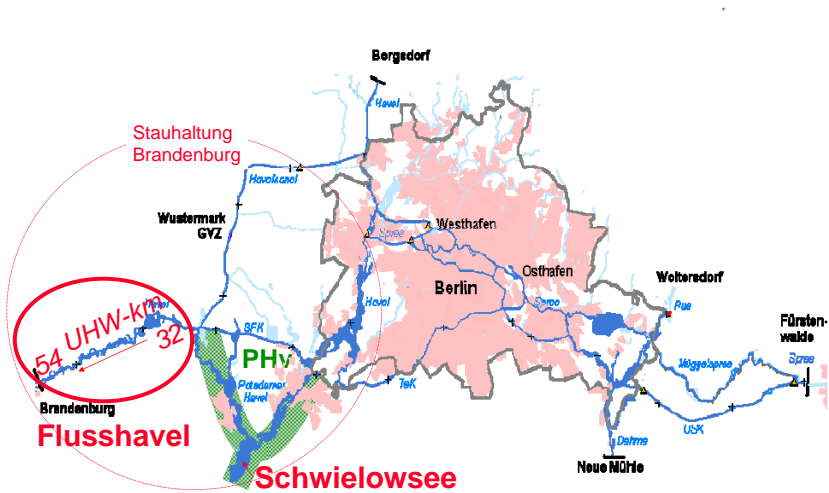


Sensitivität der Gewässergüte gegenüber Klimaänderungen

– erste Modellrechnungen für staugeregelte Gewässer

Ressortforschungsprogramm

- Deutscher Wetterdienst (DWD)
- Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH)
- Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG)
- Bundesanstalt für Wasserbau (BAW)



Untersuchungsgebiet und Problemstellung

Das Modellgebiet der Berliner Gewässer umfasst ein komplexes Wasserstraßennetz, das durch Stauregulierung, niedrige Fließgeschwindigkeiten und hohe Nährstofffrachten geprägt wird (Karte oben). Der dicht besiedelte Berliner Raum nutzt seine Wasserstraßen und Flusseen zu vielen Zwecken, etwa zur Aufnahme von Abwässern und Kühlwässern, als Schifffahrtsstraße und Badegewässer, aber auch zur Gewinnung von Trinkwasser aus Uferfiltrat.

Im späten Sommer kommt es regelmäßig zu Blaualgenblüten (Abb.1), gelegentlich treten Sauerstoffdefizite auf, die im Extremfall auch zu Fischsterben führen. Sommerlich kommt es regelmäßig zu einem knappen Wasserdargebot, das Nutzungseinschränkungen zur Folge haben kann.

Dem wird mit der Bewirtschaftung der Abflüsse entgegengesteuert. Aufgrund des Klimawandels (KW) werden höhere Wassertemperaturen und niedrigere Sommerabflüsse befürchtet, die zu einer Verschärfung der Güteproblematik führen könnten (PIK Report 113, 2009). Zur Versachlichung der oft politisch geführten Diskussion werden weitere, fundierte wissenschaftliche Untersuchungen benötigt.

Ziel

Das Projekt 5.02 beschreibt klimabedingte Änderungen des Stoffhaushalts und der Planktonentwicklung. Mit dem Gütemodell QSim werden Klimaprojektionen, Abfluss- und Stoffeintragsszenarien zusammengeführt, um den Einfluss des Klimawandels auf die Gewässergüte zu quantifizieren. Schließlich werden Managementoptionen entwickelt, um eventuellen negativen Tendenzen entgegenzusteuern. Die Klimaprojektionen und zukünftigen Gewässergüteszenarien werden auch verwendet, um die Auswirkung von Baumaßnahmen am Gewässer auf den Stoffhaushalt abzuschätzen. Modellgebiete sind neben den hier behandelten Berliner Gewässern auch Rhein und Elbe.

Gewässergütemodell QSim

Das Gewässergütemodell QSim wird in der BfG seit mehr als 20 Jahren entwickelt und angewandt, um den Sauerstoff- und Nährstoffhaushalt sowie die Phyto- und Zooplanktonbiomasse in deutschen Wasserstraßen abzubilden. QSim ist ein deterministisches, prozessorientiertes Modell, dessen ursprünglicher 1D Ansatz in jüngerer Zeit durch Erweiterungen (Bühnen, quasi-2D Ansatz zur Modellierung von Temperaturschichtung, Becker et al, 2010) ergänzt wurde. Mit der Temperaturschichtung (Abb.2) gehen vertikale Gradienten im Sauerstoff und Chlorophyll a einher. Sauerstoffmangel über Grund begünstigt die P-Freisetzung aus dem Sediment. Um diese Zusammenhänge besser zu verstehen und schließlich im Modell abbilden zu können, werden in Kooperation mit dem BMBF-Projekt NITROLIMIT 2010-2011 Untersuchungen an der Havel durchgeführt. Außerdem werden Prozessmodule in QSim weiterentwickelt, um Prozesse in staugeregelten Gewässern besser abbilden zu können.

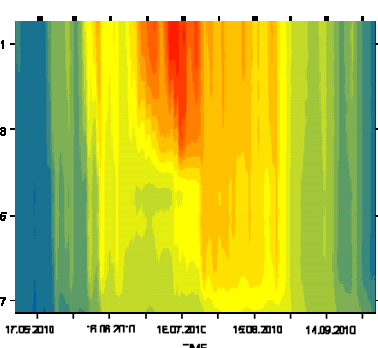


Abb. 2: Temperaturschichtung im Schielowsee (PHV-km 16) im Jahr 2010

Klimawandel in Gütemodellierung

Aus den KLIWAS-Modellketten werden für die nahe (2021-2050) und ferne Zukunft (2071-2100) jeweils 3 Projektionen ausgewählt, die die Bandbreite des zu erwartenden Klimasignals repräsentieren.

Bei der Gütemodellierung wird ein kompletter Güte-Datensatz zur Belegung aller Modellränder benötigt. Da es ein erhebliches Artefaktpotential birgt, Güte-Zeitreihen für projizierte Modelljahre zu rekonstruieren, wird eine andere Strategie gewählt:

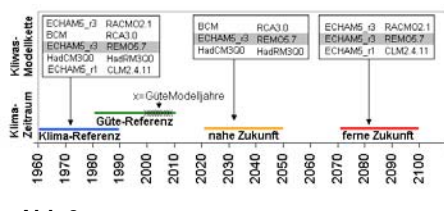


Abb.3: Klimazeiträume und KLIWAS-Modellketten P. 5.02

Ausgegangen wird von realen Jahren, für die möglichst komplette Eingangsdaten zur Gütemodellierung vorliegen. Diese werden in eine 30-jährige Klimaperiode gemessener Klimawerte (1981-2010 = Güte-Referenz, Abb.3) gestellt. Eine Übertragung des Klimawandelsignals auf die realen Gütejahre erfolgt, indem die Werteverteilungen der klimasensitiven Größen (Globalstrahlung, Lufttemperatur, relative Feuchte, Bewölkung, Niederschlag, Wind und Abfluss) des Güte-Referenzzeitraumes jeweils denen des Projektionszeitraumes einer Modellkette gleichgesetzt werden (Abb.4 **).

** in Anlehnung an das quantile-mapping bei bias-Korrektur von Klimadaten, http://www.dmg-ev.de/gesellschaft/publikationen/pdf/dmg-mitteilungen/2010_3.pdf

Erste Modell-Ergebnisse

Da Modellweiterentwicklungen und gemanagte Abflüsse für Klimaprojektionen noch nicht vorliegen, wurde zunächst für einen Teil des Modellgebietes (Flusshavel, UHW-km 32-54) die Sensitivität der Gewässergüte auf das Klimawandelsignal der mittleren Modellkette (ECHAM5_r3 REMO5.7) mit den unveränderten Abflüssen ermittelt.

Bsp: Flusshavel Jahr 2003

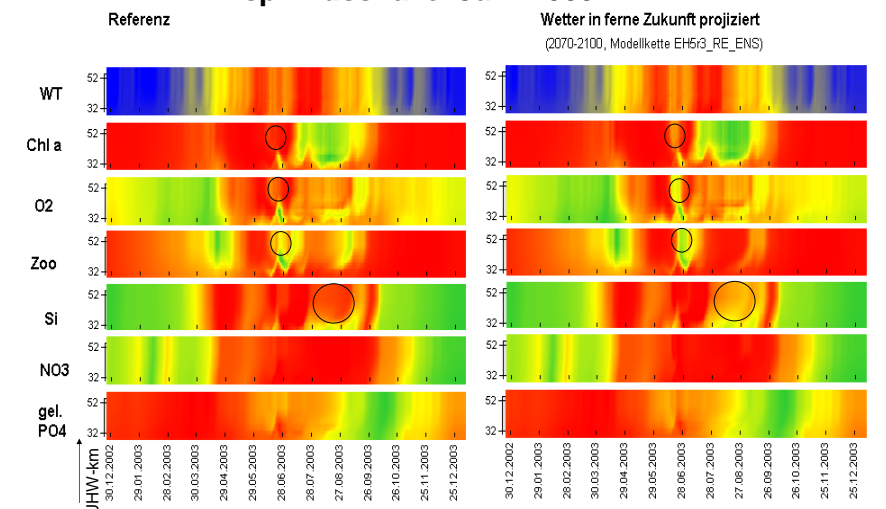


Abb. 5: QSim Modellergebnisse für das Jahr 2003 mit Referenzdaten bzw. in die ferne Zukunft projiziertem Wetter, y-Skala: UHW-km 32-54 (oberer-unterer Modellrand), WT: Wassertemp. °C, Chl a: Chlorophyll a µg/l, O₂: Sauerstoff mg/l, Zoo: Rotatorienäquivalente Ind./l, Si: gelöstes Silizium mg/l, N0₃: Nitrat-N mg/l, gelöstes PO₄: gelöstes Phosphat-P mg/l

für die Modelljahre 2000-2008 (Brandenburg = unterer Modellrand) zeigt, wird die Temperatursensitivität weniger in den mittleren Wertebereichen, sondern vielmehr bei den Extrema deutlich.

Parameter	Bezugs-Zeitraum	Mittelwert	50 Perzentil (O2: 25 P.)	75 Perzentil (O2: 10 P.)	90 Perzentil (O2: 10 P.)	Maximum (O2: Min.)
Chlorophyll a [µg/l]	Referenz	36.21	26.49	61.40	86.94	274.94
	ferne Zukunft	36.89	24.89	61.36	119.91	321.88
Zooplanktondichte [Ind./l]	Referenz	1402.26	921.45	2365.53	2964.45	8831.80
	ferne Zukunft	1272.13	876.75	2229.93	2968.95	7469.10
Sauerstoffgehalt [mg/l]	Referenz	10.18	8.85	7.82	5.80	3.44
	ferne Zukunft	9.69	9.00	7.32	5.39	3.24
Wassertemperatur [°C]	Referenz	11.11	11.62	17.80	20.14	26.61
	ferne Zukunft	13.21	13.07	19.66	22.23	29.97

Tab. 1: Kennwerten der Verteilungen der Gewässergütegröße n für die Modelljahre 2000-2008 (Brandenburg = unterer Modellrand)

Die bisherigen Modellergebnisse lassen eine Steigerung des Algenwachstums bei Spitzenwerten erwarten. Die modellierten Maxima des Zooplanktons sind bei höheren Wassertemperaturen eher geringer ausgeprägt. Die für höhere Wassertemperaturen berechneten Sauerstoffkonzentrationen sind insgesamt leicht erniedrigt, was teilweise auf die geringere physikalische Löslichkeit des Sauerstoffs bei höheren Temperaturen zurückgeführt werden kann.

Bei Modellrechnungen für längere Modellabschnitte mit größerer Verweilzeit (Fließzeit bei MQ: Flusshavel: ca. 4 Tage, Stauhaltung Brandenburg: ca. 50 Tage) des Wassers im System ist damit zu rechnen, dass sich klimabedingte Veränderungen potenziell stärker ausprägen. Von Modellierungen an der Elbe (Quiel et al, 2010) ist bekannt, dass die Gewässergüte sensitiv auf Abflussänderungen reagiert. Die prinzipielle Temperatursensitivität wurde hier für den Abschnitt der Flusshavel gezeigt.

Bis Ende 2013 werden Ergebnisse für die Bandbreite des zu erwartenden Klimasignals unter Berücksichtigung modifizierter Temperaturen und gemanagter Abflüsse für das Modellgebiet Berlin erwartet. Die Ergebnisse werden zeigen, ob gemanagte Abflüsse und andere Nutzungsänderungen die durch Klimawandel zu erwartenden Temperatureffekte auf die Gewässergüte insgesamt eher kompensieren oder verstärken, und wie die Bandbreite der zu erwartenden Gewässergüte-Änderungen modellhaft abgeschätzt wird.

Literatur:
Kirchesch, V. & Schöl, A. (1999). "The water quality model QSIM – A tool for simulation and prediction of water quality and plankton dynamics in rivers." Hydrologie und Wasserbewirtschaftung 43
Quiel, K., Becker, A., Kirchesch, V., Schöl, A., Fischer, H. (2010, online): Influence of global change on phytoplankton and nutrient cycling in the Elbe River. Regional Environmental Change, DOI: 10.1007/s10113-010-0152-2
Becker, A., Kirchesch, V., Baumert, H., Fischer, H., Schöl, A. (2010): Modelling the effects of thermal stratification on the oxygen budget of an impounded river. River Research and Applications, 26, 572-588.
Lotze-Campen, H., Claussen, L., Drosch, A., Noleppa, S., Rock, J., Schuler, J., Uckert, G. (2009): Klimawandel und Kulturlandschaft Berlin, PIK Report 113

Autor:
Annette Becker*
Paulin Hardenbicker
Helmut Fischer

KLIWAS-Projekt 5.02
„Klimabedingte Änderung des Stoffhaushalts und der Algenentwicklung in Bundeswasserstraßen“

Bundesanstalt für Gewässerkunde/
Referat U2
Am Mainzer Tor 1
56068 Koblenz

Tel.: +49 (0) 261/1306-0
Fax: +49 (0) 261/1306-5333
E-Mail: Becker@bafg.de
www.bafg.de

Oktober 2011