

Die Ressource Wasser

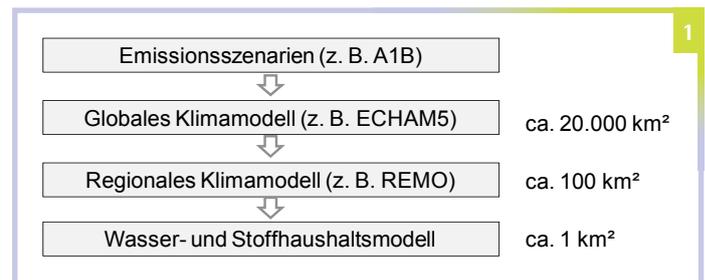
ZUM EINFLUSS VON KLIMAÄNDERUNGEN AUF FLUSSGEBIETE

Ohne Wasser gibt es kein Leben. Vom Klimawandel sind auch Flüsse und Seen betroffen. Wissenschaftler vom Institut für Wasserwirtschaft und vom Institut für Siedlungswirtschaft beschäftigen sich mit der Frage, welche Auswirkungen Klimaveränderungen auf regionaler Ebene haben können und wie sich die daraus erfolgenden Probleme lösen lassen.

Einleitung

Im Rahmen des 2014 abgeschlossenen vom Niedersächsischen Ministerium für Wissenschaft und Kultur geförderten Forschungsverbundes »KLIFF Klimafolgenforschung Niedersachsen« wurden mehrere Forschungsprojekte mit Beteiligung der Leibniz Universität Hannover und weiteren Forschungseinrichtungen Niedersachsens durchgeführt. Die Forscherinnen und Forscher gingen der Frage nach, welche Auswirkungen der Klimawandel auf regionaler Ebene haben könnte und wie sich die daraus resultierenden Probleme bewältigen lassen. In diesem Beitrag werden ausgewählte Ergebnisse zweier Teilprojekte aus dem Forschungsbereich »Binnengewässer« dargestellt, welche sich mit Nährstoffeinträgen in Teilgebiete des rund 15.000 km² großen Aller-Leine-Flusseinzugsgebietes beschäftigen.

Wasser ist ein wichtiges Transportmedium, welches die Landschaft horizontal und vertikal durchströmt und Stoffe verlagert. Flüsse und Seen sind wichtige Lebensräume und Elemente der Biotopvernetzung. Wasser ist dabei auch eine wichtige Ressource, welche durch den Menschen für unterschiedliche Zwecke genutzt wird. Daher ist die räumliche und zeitliche Verfügbarkeit von Wasser in guter Qualität für Natur und Mensch von großer Bedeutung.



Zu den großen Herausforderungen der Wasserbewirtschaftung gehört die Berücksichtigung der Klimavariabilität, insbesondere der Umgang mit extremen Situationen wie starken Niederschlägen und nachfolgendem Hochwasser oder lang anhaltender Trockenheit mit Wassermangel. Beide Szenarien haben einschneidende Auswirkungen auf unseren Lebensraum. Daher ist die Abschätzung der Folgen von Klimaänderungen von großem Interesse für die Gesellschaft. Bei der Bewirtschaftung von Flussgebieten muss dabei eine regionale Differenzierung der Folgenabschätzung vorgenommen werden, um Anpassungsmaßnahmen planen zu können.

Nährstoffe sind lebensnotwendig, können jedoch bei erhöhter Konzentration im Wasser zu ökologischen Beeinträchtigungen oder zu Einschränkungen in der Wassernutzung führen. Beispiele sind die Algenblüte durch Eutrophierung von Gewässern (vor allem infolge erhöhter Phosphatkonzentration) sowie Folgen für

die Trinkwasserförderung bei hoher Belastung des Grundwassers mit Nitrat. Die Eintragspfade für Nährstoffe unterscheiden sich in städtischen und ländlichen Bereichen deutlich. Emissionen aus sogenannten Punktquellen stammen vorwiegend von Einleitern wie Kläranlagen oder Abschlägen aus Entwässerungssystemen, während Emissionen aus sogenannten diffusen Quellen überwiegend von landwirtschaftlichen Flächen (Düngemittel, Bodenmaterial, Ernterückstände) stammen. In diesem Forschungsvorhaben wurde untersucht, ob sich durch den Klimawandel Änderungen in den Austrägen von Nährstoffen ergeben können und welche Bedeutung diese im Vergleich zu Änderungen der Landnutzung haben.

Bei der Abschätzung von Klimafolgen mit Hilfe von Simulationsmodellen werden Emissionsszenarien als Modellantrieb verwendet (Abbildung 1). Zunächst werden damit globale Klimamodelle angetrieben. Deren räumliche Auflösung

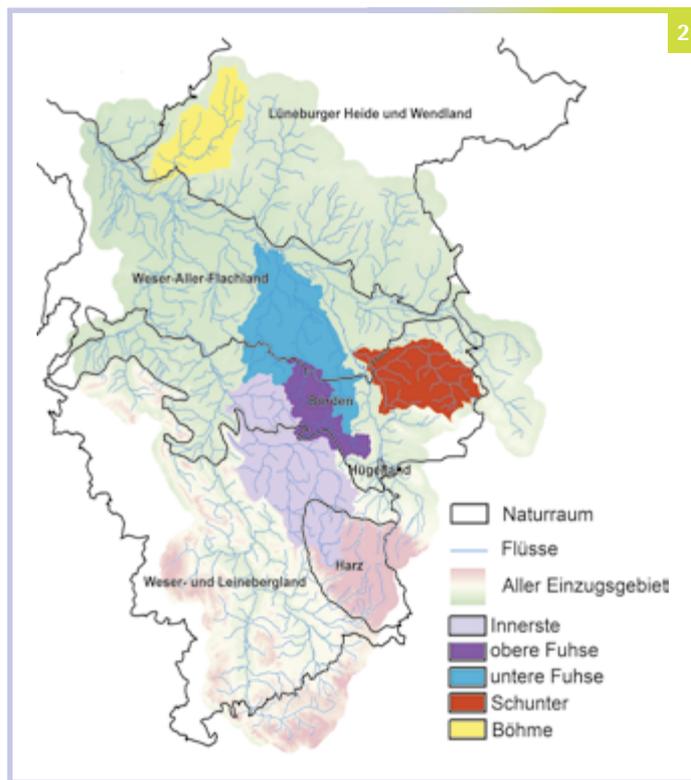
ist jedoch aus Gründen der Rechenzeit noch sehr grob, so dass für regionale Studien Ausschnitte (zum Beispiel das hier verwendete REMO-Modell für Mitteleuropa) in höherer Auflösung simuliert werden. Die Ergebnisse dieser regionalen Klimaprojektionen werden anschließend als Klimaeingangsdaten für die Simulation unterschiedlicher Fachfragen mit speziellen Modellen verwendet. Nährstoff-

einträge können mit Wasser- und Stoffhaushaltsmodellen simuliert werden. Bei der Klimafolgenabschätzung ist zu beachten, dass nicht nur die simulierte zukünftige Entwicklung als Antrieb der Fachmodelle verwendet wird, sondern auch ein Kontrolllauf des Klimamodells für das 21. Jahrhundert (C20). Anhand dessen muss zunächst eingeschätzt werden, wie gut die jeweils betrachteten Klimavariablen

in Vergleich zur Beobachtung abgebildet werden können. Das Klimaänderungssignal wird dann durch den Vergleich von Kontrolllauf und Zukunftsprojektion ausgewertet.

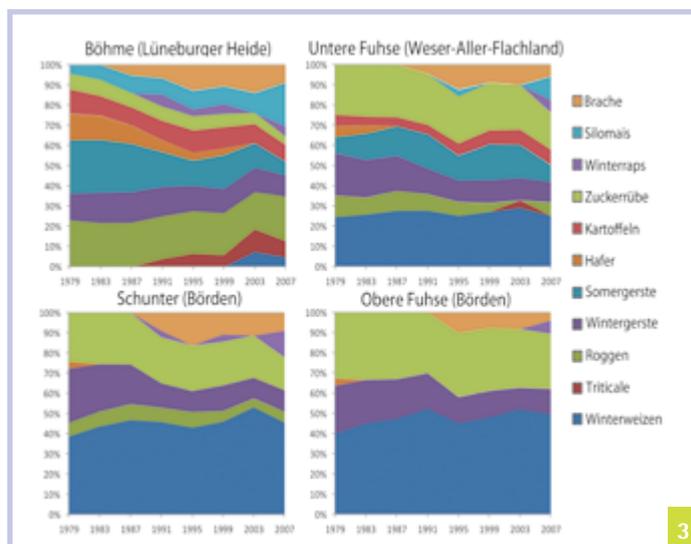
Der Wasser- und Stoffhaushalt von Flussgebieten kann in Modellen vereinfacht abgebildet werden. Eine dynamische Modellierung mit Umsetzung wesentlicher Prozessbeschreibungen im Modell ermöglicht es, wesentliche Wasser- und Stoffflüsse unter dem Einfluss von Klima und Landnutzung zu simulieren. Daher ist es möglich, sowohl eine Änderung der Landnutzung als auch den Klimawandel im Modell abzubilden und die Effekte auf den Wasser- und Stoffhaushalt zu simulieren.

Da sich die Landnutzung in unterschiedlichen Naturräumen aufgrund der Boden- und Klimagegebenheiten unterscheidet, ist es sinnvoll, Flussgebiete in verschiedenen Naturräumen zu betrachten (Abbildung 2). Die Unterschiede in den Naturräumen zeigen sich dabei vor allem in der Feldbewirtschaftung, die eine entscheidende Rolle in der Simulation von Stoffflüssen hat, da sie zumeist mehr als die Hälfte der Fläche einnimmt und über die Düngung den wesentlichen Einbringungsfaktor von Nährstoffen darstellt (Abbildung 3).



2

Abbildung 1 Vorgehensweise bei der Klimafolgenabschätzung mit einer Modellkette aus Klimamodellen und Fachmodellen (das Wasser- und Stoffhaushaltsmodell dient als Beispiel). Die räumliche Auflösung wird dabei in jedem Schritt deutlich verfeinert.



3

Simulation von Stoffflüssen aus Siedlungsgebieten

Bemessung, Bau, Betrieb und Nachweis von Entwässerungssystemen, Regenentlastungs- und Abwasserreinigungsanlagen umfassen die Hauptaufgaben der Siedlungswasserwirtschaft (Abbildung 4).

Das Hauptanliegen der Stadtentwässerung, die Erhaltung hygienischer Verhältnisse, wird dabei erfüllt durch die vollständige Sammlung und

Abbildung 2 Übersicht über die betrachteten Teileinzugsgebiete in unterschiedlichen Naturräumen Niedersachsens

Abbildung 3 Verteilung der Feldfrüchte zwischen den Jahren 1979 bis 2007 gemäß regionalisierter Gemeindestatistik. Naturräumliche Unterschiede sowie zeitliche Änderungen für die betrachteten Flussgebiete sind deutlich zu erkennen.

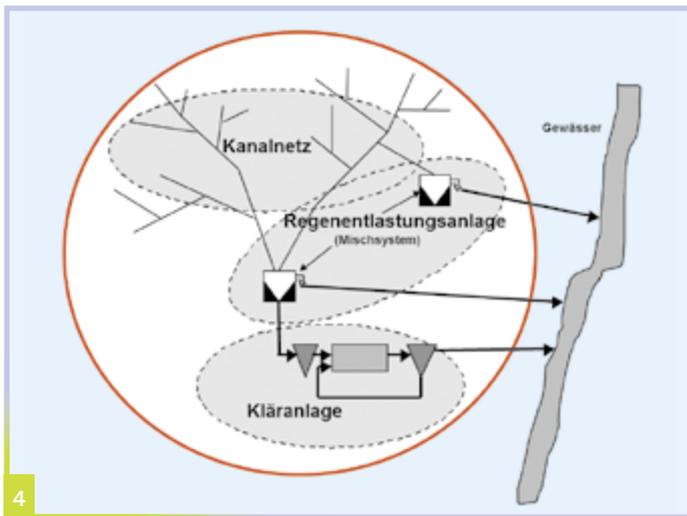
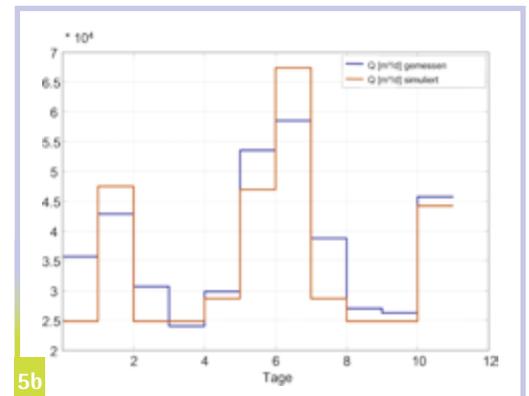
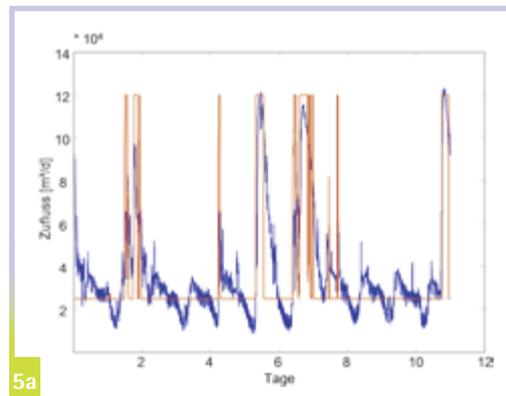


Abbildung 4
Schematische Darstellung von Anlagen der Siedlungswasserwirtschaft

Abbildung 5
Vergleich der gemessenen und modellierten Zulaufmenge zur Kläranlage Hildesheim als Verlauf sowie als aggregierte Tageswerte (blau: Messwerte, rot: Simulation)



Ableitung des in Siedlungsgebieten anfallenden Schmutzwassers zur Kläranlage. Die Vermeidung von Schäden durch Überflutungen und Vernässungen infolge Niederschlagsereignissen und verbunden damit die Sicherstellung der Nutzbarkeit von Siedlungsflächen unabhängig von den Witterungsverhältnissen bedingt zusätzlich eine Ableitung des anfallenden Niederschlagswassers je nach Entwässerungssystem in Mischwasser- oder Regenwasserkanälen.

Die Prognose zukünftiger Zustände der Kläranlagen unter veränderten klimatischen Randbedingungen wird jedoch stark von anthropogenen Einflüssen überlagert sein. Entsprechend der Belastung oder Anforderung kann die Leistung der Kläranlagen

durch technische Eingriffe angepasst werden. Unter der Berücksichtigung des demographischen Wandels können aber auch Kapazitäten freigesetzt werden, die zur verbesserten integrierten Steuerung von Kläranlage und Kanalnetz genutzt werden können. Denn der Einfluss von Klimaänderungen und die damit verbundene Änderung des Abflussgeschehens im Bereich der Siedlungsgebiete zeigen sich insbesondere im Bereich der Entwässerungsnetze. Hier muss von einem deutlichen klimainduzierten Anstieg der

räumliche Variabilität auf, wodurch die Betrachtung der Einträge auf einer übergreifenden Ebene erschwert wird. Zur Ermittlung der mittleren Mischwassereinträge wurde im Rahmen des Projektes der Weg der integrierten Modellierung von Kläranlage und abgeschlossenem Kanalnetz mittels stark vereinfachter Modelle für die verschiedenen Gebiete gewählt. Das dargestellte Beispiel zeigt, dass Regenereignisse in Höhe und Zeitpunkt jedoch ausreichend abgebildet werden konnten, sodass auch mittlere Tagese-

Überlaufmengen aus Mischwassergebieten ins Gewässer ausgegangen werden, wobei die Ergebnisse stark von den zugrunde gelegten Klimamodellen und den simulierten Niederschlagsdaten abhängig sind.

Will man, wie im vorliegenden Projekt, umfassend für ein Flusseinzugsgebiet die Folgen sich verändernden Klimas darstellen, ist es anders als bei der Bemessung und Auslegung der einzelnen Anlagen/Aggregate notwendig, eine Methodik zu entwickeln, mit deren Hilfe man die wesentlichen Szenarien beeinflussenden Stoffströme insgesamt und in ihrer Variabilität hinreichend genau darstellen kann.

Grundsätzlich weisen die Einträge aus Mischwasserentlastungen eine hohe zeitliche und

missionen pro Entwässerungsnetz für die weitere Betrachtung im Flussgebiet angesetzt werden konnten (Abbildung 5).

Simulation von Stoffflüssen und Bewässerung in ländlichen Gebieten

Auf der Grundlage von statistischen Bestandsaufnahmen von typischen Fruchtverteilungen und Bewirtschaftungsoperationen in den landwirtschaftlichen Gebieten konnten diffuse Stoffausträge abgeschätzt werden. Diese wurden mit den Einträgen aus den Siedlungsgebieten überlagert. Anschließend wurden mit dem integrierten Modell SWAT die Stofffrachten in den Flüssen simuliert und mit bestehenden Werten aus Messungen der letzten Jahre verglichen (Abbildung 6 links).

Basierend auf diesen Simulationen der Wasser- und Stoffflüsse der Vergangenheit konnten unter Verwendung

der Simulationen betrachtet nur den Klimaeffekt. Die Änderung der Landnutzung ist für diese

vor allem für Gebiete, in denen das Fluss- und Grundwasser für verschiedene Zwecke entnommen wird. Aufgrund der

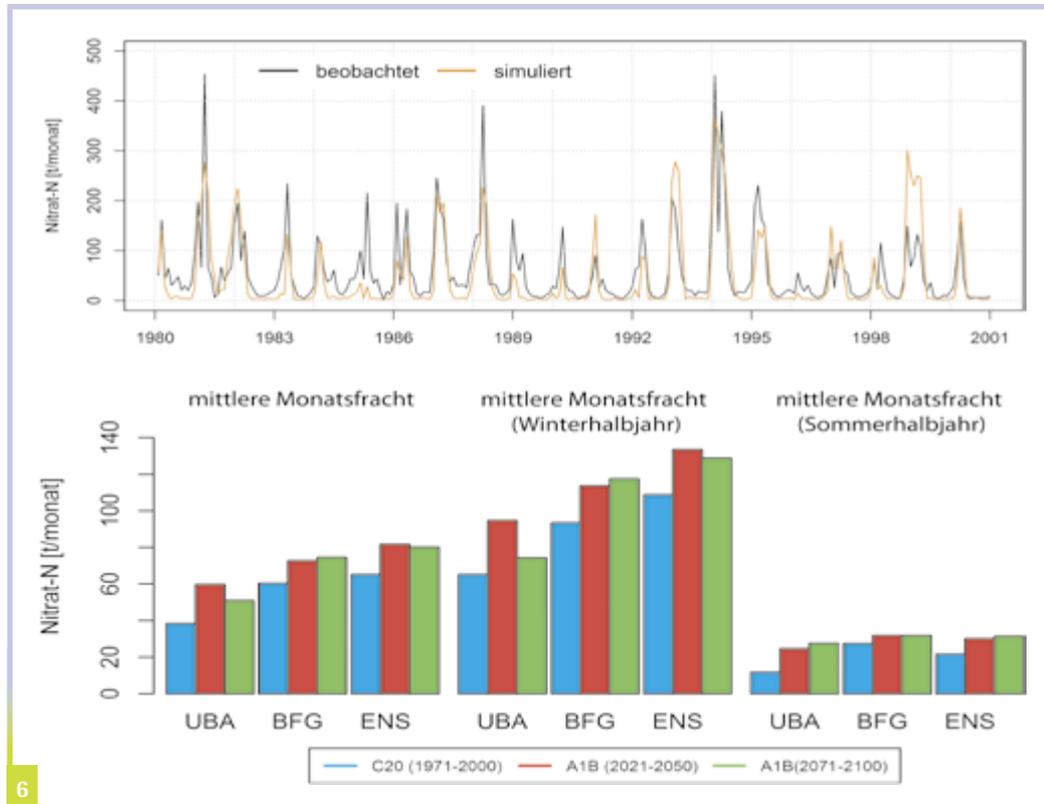


Abbildung 6
Vergleich der beobachteten Nitratfrachten (mittlere Monatswerte) mit den simulierten Nitratfrachten basierend auf beobachteten Klimadaten für das Einzugsgebiet der Schunter (oben). Simulierte mittlere monatliche Nitratfracht für den Kontrolllauf C20 (1971–2000), die nahe Zukunft (2021–2050) und die ferne Zukunft (2071–2100) jeweils für drei unterschiedlich initialisierte Läufe des REMO-Modells (unten).

unterschiedlicher Klimaszenarien Abschätzungen für die Stoffflüsse in der Zukunft prognostiziert werden. Dabei zeigt sich eine Tendenz zu einer leichten Erhöhung der Stoffausträge in der nahen Zukunft (2021–2050). Unter den verwendeten Klimaszenarien ist ebenso erkennbar, dass für die ferne Zukunft kein weiterer Anstieg der Nährstoffe zu erwarten ist (Abbil-

periode nicht vorhersagbar. Da die Landnutzung erheblich den Nährstoffaustrag beeinflusst, ist in dem Zusammenhang von einem relativ geringen Beitrag des Klimawandels auszugehen.

Wichtig für die Nutzung der Ressource Wasser im ländlichen Raum ist außerdem die Entwicklung von Wasserdefiziten in der Zukunft. Dies gilt

erwarteten Erwärmung wurden die Auswirkungen auf die Feldbewässerung untersucht. Es zeigte sich, dass die Anzahl der Tage im Jahr, in denen der Abfluss der Fuhse ein Defizit (90 Prozent Quantil) aufweist, in der fernen Zukunft deutlich steigen wird (Abbildung 7). Dieses Bild zeigt sich auch bei der Simulation der Feldbewässerung im Einzugsgebiet der Fuhse. Für die ferne Zukunft ist

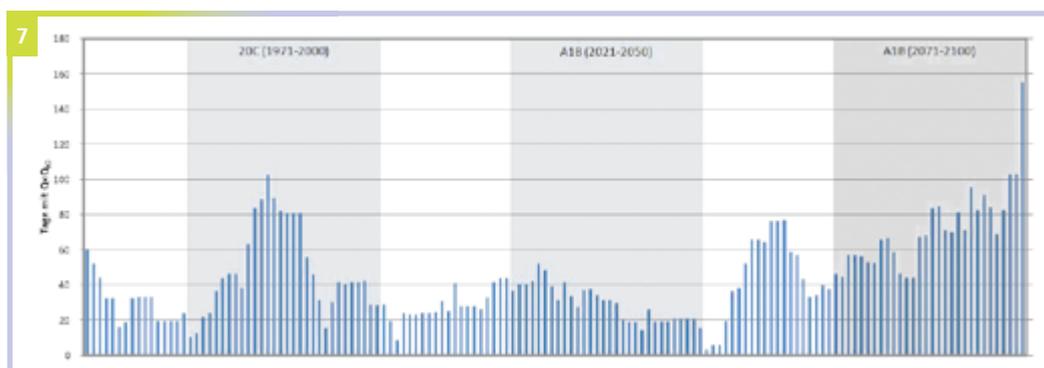


Abbildung 7
Gleitender Mittelwert der Defizittage am Pegel Wathlingen für das Einzugsgebiet der Fuhse



Dr.-Ing. Jörg Dietrich

Jahrgang 1970, ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Wasserwirtschaft, Hydrologie und landwirtschaftlichen Wasserbau der Fakultät für Bauingenieurwesen und Geodäsie und leitet dort die Arbeitsgruppe »Wasserbewirtschaftung«. Seine Forschungsschwerpunkte sind Wasser- und Stoffhaushalt von Flussgebieten, Hochwasservorhersage und Entscheidungsunterstützung. Kontakt: dietrich@iww.uni-hannover.de



Nadine Maier, M. Sc.

Jahrgang 1988, ist wissenschaftliche Mitarbeiterin am Institut für Wasserwirtschaft, Hydrologie und landwirtschaftlichen Wasserbau. Zuvor studierte sie Geologie in Tübingen und Hydrogeologie in Göttingen. Sie beschäftigt sich mit der Simulation von Auswirkungen des Klimawandel und der Landwirtschaft auf den Wasser- und Stoffhaushalt. Kontakt: maier@iww.uni-hannover.de



Dipl.-Ing. Franziska Verworn

Jahrgang 1982, ist wissenschaftliche Mitarbeiterin am Institut für Siedlungswasserwirtschaft und Abfalltechnik an der Fakultät für Bauingenieurwesen und Geodäsie. Ihre Arbeitsschwerpunkte sind Kanalnetz- und Integrierte Modellierung. Kontakt: verworn@isah.uni-hannover.de



Dr.-Ing. Maike Beier

Jahrgang 1964, hat am Institut für Siedlungswasserwirtschaft und Abfalltechnik die Bereichsleitung Siedlungswasserwirtschaft, Wasserversorgung und industrielle Wasserwirtschaft inne. Ihre Arbeitsschwerpunkte sind die Siedlungswasserwirtschaft sowie die kommunale und industrielle Abwasserreinigung, die Gesamtbetrachtung Kanal/Kläranlage/Gewässer sowie die Verfahrensentwicklung und -optimierung. Kontakt: beier@isah.uni-hannover.de

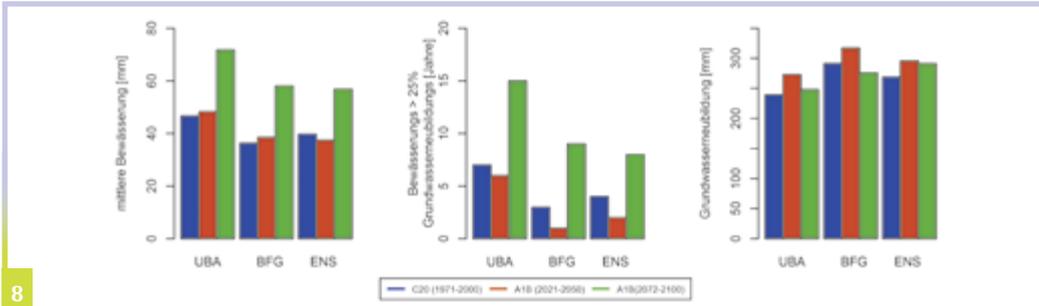


Abbildung 8
Simulierte jährliche Bewässerungsmenge (links). Anzahl der Jahre, in denen die Bewässerungsmenge größer ist als 25 Prozent der Grundwasserneubildungsmenge. Mittlere jährliche Grundwasserneubildungsmenge der unterschiedlichen REMO-Läufe (links).

ein deutlicher Anstieg der mittleren benötigten Bewässerungsmenge für ein optimales Pflanzenwachstum zu erwarten. Die Zahl der Jahre, in welchen der Wasserbedarf für die Feldbewässerung 25 Prozent der jährlichen Grundwasserneubildungsmenge übersteigt, nimmt deutlich zu (Abbildung 8).

Diskussion und Schlussfolgerungen

Die Nährstoffbelastungen von Oberflächengewässern und des Grundwasser sind deut-

lich über der natürlichen Hintergrundbelastung. Da ein hoher Anteil der Nährstoffeinträge durch menschliche Tätigkeiten bedingt ist, ist die künftige Entwicklung der Landnutzung von großer Bedeutung. Die Simulationen konnten jedoch keine Vorhersage der langfristigen Entwicklung der menschlichen Tätigkeiten einbeziehen, da diese von Experten als kaum vorhersagbar angesehen werden. Die Simulationen zeigten vielmehr, welche Auswirkungen durch den Klimabeitrag alleine zu erwarten sind. Hier

zeigte sich aber, dass die Gesamtbilanzen sich nur geringfügig ändern werden. Bei der Wasserbewirtschaftung gewinnt vor allem die Berücksichtigung möglicher Extremsituationen Bedeutung. Klimaprojektionen lassen das häufigere Auftreten von Starkniederschlägen wie auch Hitze- und Trockenperioden erwarten. Ersteres könnte zur Überlastung der Kanalisation wie auch zu erhöhter Erosion von Bodenmaterial führen. Letzteres kann im Bereich der Landwirtschaft zu erhöhtem Bewässerungsbedarf führen. Insgesamt muss bei allen Klimafolgenabschätzungen beachtet werden, dass die zukünftige Entwicklung nur mit einer hohen Unsicherheitsbandbreite projiziert werden kann. Daher beschäftigen sich anschließende Forschungsarbeiten mit der Frage, wie sich Entscheidungen zur Anpassung an den Klimawandel unter der gegebenen Unsicherheit ableiten lassen.