

Ein Forschungsprojekt zur integrierten Bewirtschaftung von Flusseinzugsgebieten - RIVERTWIN

Prof. Dr. Karl Stahr¹, Dr. Thomas Gaiser¹, Andreas Printz², Dr. Matthias Schneider³ und
Dr. Frank-Michael Lange⁴

¹ Universität Hohenheim, Institut für Bodenkunde und Standortslehre, Stuttgart

² Universität Stuttgart, Institut für Landschaftsplanung und Ökologie, Stuttgart

³ Schneider und Jorde Ecological Engineering GmbH, Stuttgart

⁴ terra fusca – Ingenieurbüro und Consulting, Stuttgart

Einleitung

Unsere lebensnotwendigen Wasserressourcen werden sowohl hier in Deutschland als auch in anderen Teilen der Erde durch eine ständig steigende Nachfrage nach qualitativ hochwertigem Wasser sowie durch die Folgen des globalen Klimawandels gefährdet. Im extremen Trockenjahr 2003 erreichten die Pegelstände einiger Flüsse - selbst im humiden Zentraleuropa - Tiefststände, die den Betrieb von Energiekraftwerken, den Schiffsverkehr und die Flussökosysteme beeinträchtigten. Andererseits häufen sich in den letzten Jahren Überflutungen nach Starkregenfällen nicht nur in Europa sondern auch in anderen Erdteilen. Weltweit gesehen ist in den nächsten Jahrzehnten mit einer Verknappung des nutzbaren Wassers durch folgende Trends zu rechnen:

- Zunehmende Bevölkerung mit steigendem Lebensstandard
- Anstieg des Anteils an Bewässerungslandwirtschaft
- Zunehmende Verschmutzung der Gewässer
- Globaler Klimawandel

Um dieser Entwicklung zu begegnen, erließ die Europäische Kommission bereits im Jahre 2000 die Europäische Wasserrahmenrichtlinie (WRRL), die momentan in allen EU Mitgliedsstaaten umgesetzt wird. Weiterhin initiierte die EU im Jahre 2002 auf dem Weltgipfel für nachhaltige Entwicklung die "EU Global Water Initiative" mit dem Vorschlag, die Prinzipien der WRRL auch auf anderen Kontinenten anzuwenden (Europäische Gemeinschaft, 2004). Die Ziele der Globalen Wasserinitiative orientieren sich an den Millennium-Zielen der UN: (1) die Zahl der Menschen mit keinem Zugang zu sauberem Trinkwasser bis zum Jahr 2015 halbieren und die Abwasserentsorgung verbessern (2) ein Gleichgewicht zwischen den menschlichen Bedürfnissen und der Umwelt sicherstellen (3) integriertes Wasserressourcen-Management und Bewirtschaftungspläne für Flusseinzugsgebiete entwickeln. Ein zentrales Merkmal der globalen Wasserinitiative wie auch der WRRL ist die Betrachtung von Flusseinzugsgebieten als Basiseinheit für die Planung und Bewirtschaftung der Wasserressourcen.

Das Forschungsprojekt "RIVERTWIN" soll durch die Entwicklung eines integrierten Modells für die strategische Planung der Gewässerbewirtschaftung auf Einzugsgebietsebene sowohl die Ziele der globalen Wasserinitiative der EU unterstützen als auch zur wissenschaftlich

untermauert die Umsetzung der WRRL in Baden-Württemberg beitragen. Das Modell für nachhaltiges Wasserressourcen-Management MOSDEW (Model for Sustainable DEvelopment of Water resources, Müller et al. 2005) soll den Entscheidungsträgern helfen, den Einfluss von ökonomischen und technologischen Entwicklungen sowie die Auswirkungen von Landnutzungsänderungen und des globalen Klimawandels auf die langfristige Verfügbarkeit und die Qualität der Gewässer abzuschätzen. Das Modell basiert auf einem geografischen Informationssystem, das sowohl ökologische (Wasserverfügbarkeit, Wasserqualität) als auch ökonomische Aspekte (Wasserbedarf, Wasserentnahmen) des Wassermanagements integriert.

Als Untersuchungsregionen wurden drei Einzugsgebiete in der Größe von 10.000 bis 50.000 km² mit stark unterschiedlichen Rahmenbedingungen ausgewählt. Gemeinsam mit den potenziellen Nutzern in Baden-Württemberg wurde das Regionalmodell MOSDEW zunächst im Neckareinzugsgebiet entwickelt und angewandt. Momentan erfolgt die Übertragung der Modelle auf die Flusseinzugsgebiete des Ouémé (Benin) und des Chirchik (Usbekistan). Im Neckareinzugsgebiet sollen die Projektergebnisse die Formulierung von Handlungsempfehlungen für den von der WRRL geforderten Bewirtschaftungsplan unterstützen.

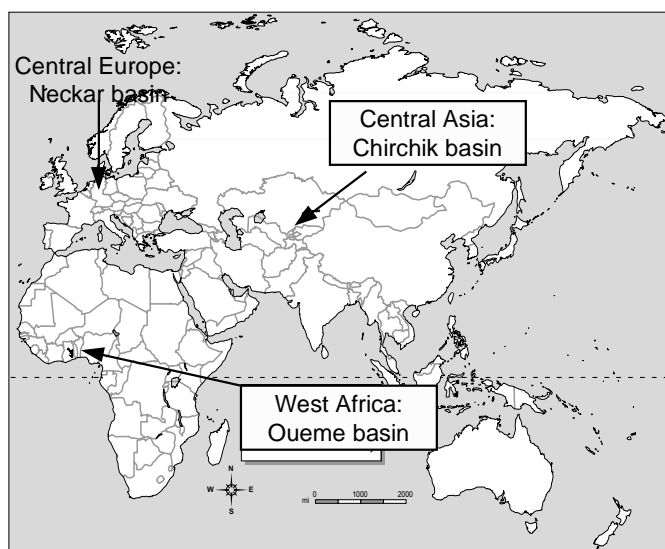


Abbildung 1: RIVERTWIN Projektgebiete

Ziele des Forschungsprojekt RIVERTWIN im Neckareinzugsgebiet

Mit In-Kraft-Treten der EU-Wasserrahmenrichtlinie (RL 2000/60/ EG) am 22.12.2000 und deren Umsetzung in nationales Recht sind die Anforderungen an die Gewässerbewirtschaftung deutlich anspruchsvoller geworden. Während bisher im Wesentlichen die lokale Sanierung der Wasserqualität im Vordergrund stand, sieht die EU-WRRL die anhand von chemischen und ökologischen Kriterien definierte Gewässerqualität als Sanierungsziel vor. Die große Herausforderung für die wasserwirtschaftlichen Akteure

ergibt sich neben den zeitlichen Vorgaben und der Betrachtung von Flusseinzugsgebieten in ihren natürlichen Grenzen dadurch, dass die Bezugsräume für die Ziele sehr unterschiedlich sind. Während einzelne Zielkategorien rein lokaler Natur sind (Kleine Gewässerorganismen, Kurzdistanzwanderfische) haben andere Ziele (Schadstoffreduzierung Nordsee, Lebensraum Langdistanzwanderfische) das ganze Flussgebiet oder wesentliche Teile davon als Planungsraum.

Das Neckareinzugsgebiet erstreckt sich über eine Fläche von mehr als 13.000 km² und beinhaltet neben größeren Gebieten mit intensiver landwirtschaftlicher Nutzung einen der am dichtesten besiedelten industriellen Ballungsräume in Deutschland. Daraus ergeben sich unterschiedliche Nutzungskonflikte bzw. Gefährdungspotenziale für die Gewässer.

Das Projekt RIVERTWIN liefert einen wesentlichen Beitrag für die Identifikation von Basisszenarien (Baseline-Szenarios) für das Einzugsgebiet, auf deren Grundlage dann durch die Flussgebietsbehörde die Maßnahmen auf regionaler und lokaler Ebene identifiziert und im Bewirtschaftungsplan und dem darin enthaltenen Maßnahmenprogramm festgeschrieben werden können.

Szenarienentwicklung

Ein wesentliches Werkzeug für die Abschätzung von Maßnahmeneffekten sind Szenarien. Szenarien dürfen nicht verwechselt werden mit Wunschvorstellungen oder Vorhersagen. Mit Hilfe von Szenarien sollen zukünftige Entwicklungen sowie mögliche Interventionen in ihren komplexen Auswirkungen besser abgeschätzt werden. Sie sollen den zuständigen Behörden und Entscheidungsträgern ein Planungsinstrument zur Verfügung stellen, das ökonomische und ökologische Belange des Wassermanagements integriert und gemeinsam mit öffentlichen und privaten Entscheidungsträgern mögliche Entwicklungsszenarien für das Wassermanagement unter Berücksichtigung von ökonomischem Wachstum, Landnutzungsänderungen und Klimawandel entwickelt (Abbildung 2).

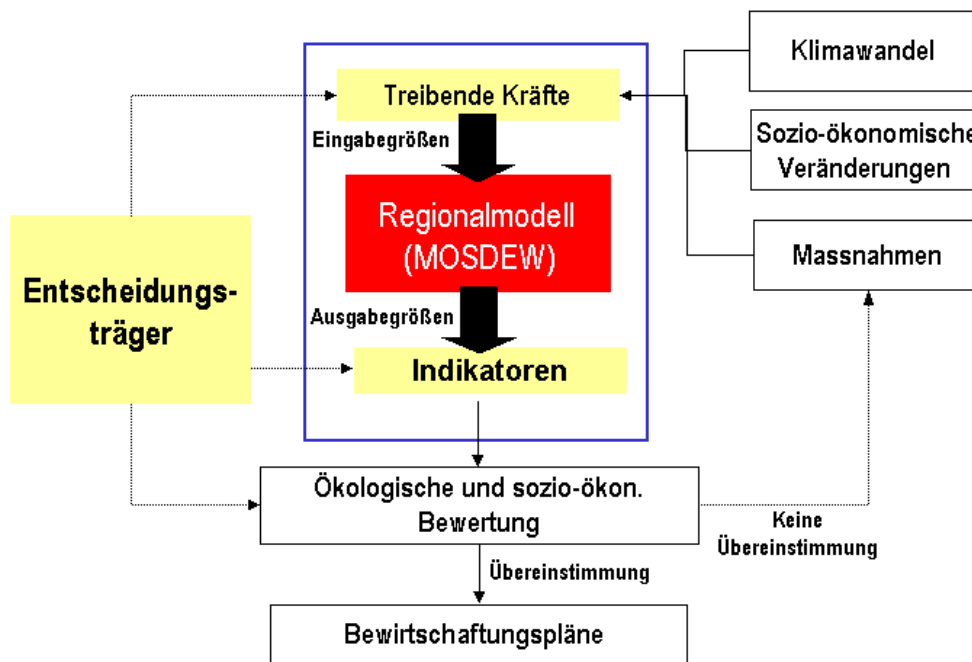


Abbildung 2: Vorgehensweise zur Abschätzung der Auswirkungen von sich ändernden Rahmenbedingungen auf die ökologischen und ökonomischen Indikatoren der Gewässerbewirtschaftung

Im Neckareinzugsgebiet wurden vier Ebenen für die Szenarienbildung definiert:

1. Annahmen zur Klimaentwicklung
2. Annahmen zu den sozio-kulturellen und ökonomischen Entwicklungen
3. Interventionen
4. Intensität der Interventionen

Die verwendeten Klimasequenzen wurden von den Klimaszenarien A2 und B2 des Globalen Zirkulationsmodells ECHAM4 (MPI, Hamburg) abgeleitet (Tabelle 1). Zwei unterschiedliche Regionalisierungsansätze mit höherer räumlicher Auflösung werden den Simulationsläufen zugrunde gelegt: In Zusammenarbeit mit der LUBW wurden eine Niedrigwasser- und eine Hochwasservariante der „Enke-Szenarien“ (MeteoResearch, Berlin) ausgewählt. Außerdem wurde ein Regionalisierungsansatz von „Yang-Bardossy“ (Universität Stuttgart-IWS, Bardossy und Yang, 2005) jeweils für A2 und B2 angewendet.

Tabelle 1: Veränderungen der Klimabedingungen im Neckareinzugsgebiet in Abhängigkeit vom Klimaszenario im Vergleich zum Mittel des Zeitraums 1987-2003 (A2 und B2, unterschiedliche Läufe des Globalen Zirkulationsmodells ECHAM4, MPI Hamburg, ENKE_Trocken und Enke_Feucht, zwei Varianten der Klimaszenarien der Firma MeteoResearch, Berlin)

	Niederschlag [%]			Temperatur [°C]		
	Jahresmittel	Sommer	Winter	Jahresmittel	Sommer	Winter
A2	12.57	2.37	27.37	+3.50	+3.17	+3.89
B2	22.19	7.66	43.63	+3.30	+3.02	+3.61
Enke_Trocken	8.24	-3.58	26.52	+2.40	+2.28	+2.45
Enke_Feucht	13.59	0.03	33.46	+2.30	+2.26	+2.33

In Bezug auf mögliche zukünftige sozio-ökonomische Rahmenbedingungen wurden zwei unterschiedliche Hauptentwicklungsrichtungen vorgeschlagen (Abbildung 3):

- A. Eine wachstumsorientierte Entwicklung im Zeichen fortschreitender Globalisierung („Referenzszenario A“)
- B. Eine vorwiegend endogen gesteuerte, ökologisch orientierte Entwicklung mit einem moderaten Wirtschaftswachstum („Referenzszenario B“).

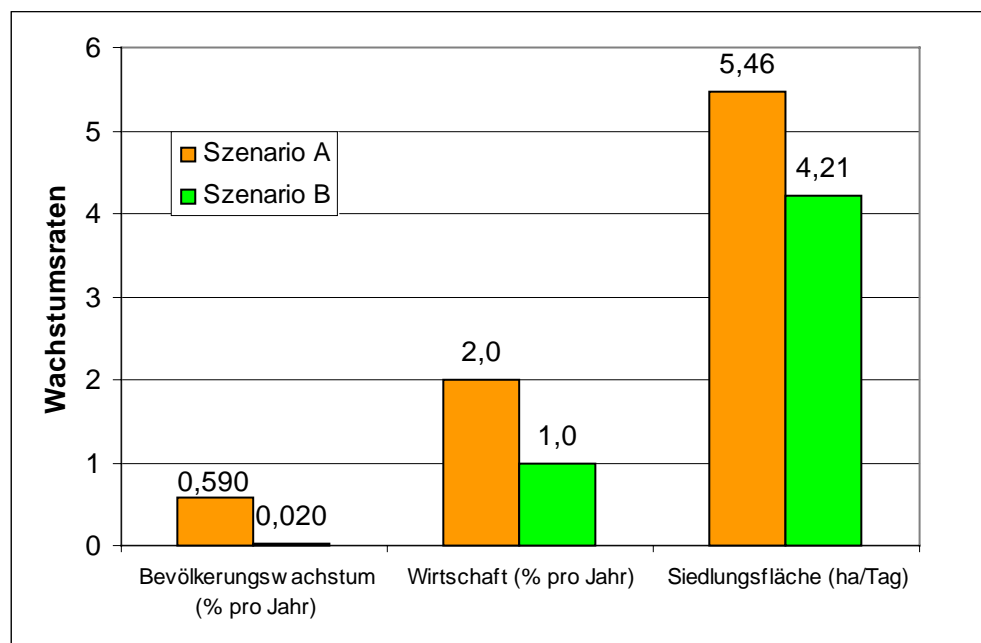


Abbildung 3: Wachstumsraten ausgewählter treibender Kräfte in den sozioökonomischen Szenarien A und B

Diese Annahmen zur Klimaentwicklung und zu den sozio-ökonomischen Randbedingungen gehen als Eingabegrößen in das integrierte Regionalmodell MOSDEW ein, das dann die Auswirkungen auf ausgewählte Indikatoren des Gewässerzustandes quantifiziert.

Das Regionalmodell MOSDEW

MOSDEW besteht aus einer Kette von Spezialmodellen, die verschiedene Aspekte der Wasser- und Landnutzung abdecken (Abbildung 4). Jedes Modell wird von einem auf die Anwendung dieses Modells spezialisierten Projektpartner kalibriert und betreut. Damit ist eine fachlich optimale Anwendung der Teilmodelle gewährleistet. Das Konsortium setzt sich neben den deutschen Universitäten Hohenheim und Stuttgart sowie deren Ausgründungen Terra Fusca Consulting und Schneider & Jorde Ecological Engineering GmbH aus drei weiteren Partnern aus Schweden (Stockholm Environment Institute), den Niederlanden (Center for World Food Studies) und Griechenland (Aristoteles Universität) zusammen (Tabelle 2).

Die Abfolge der Einzelmodelle ist durch Schnittstellen definiert, welche die Datenübergabe zwischen den Modellen eindeutig regeln.

Tabelle 2: Zuständigkeiten für der Anwendung der Teilmodelle

Partner	Teilmodell	Inhaltliche Einordnung
Universität Stuttgart	MOSDEW	Integration der Einzelmodelle
Universität Stuttgart	HBV / LARSIM /MODFLOW	Hydrologie (Oberflächen- und Grundwässer)
Universität Hohenheim	ACRE	Ökonomie der landwirtschaftlichen Nutzung
Universität Hohenheim	SLISYS	Regionalisierung der diffusen Austräge and N und P und der pflanzlichen Agrarproduktion
Terra Fusca Consulting	EPIC	Simulation der Erträge der Kulturpflanzen und der diffusen Austräge (N/P) auf Feldebene
Schneider & Jorde GmbH	CASIMIR	Gewässereignung als Fischhabitate (biologische Gewässerqualität)
Aristoteles Universität	MONERIS / QUAL2K	Chemische und physikalische Wasserqualität
Stockholm Environment Institute	WEAP	Wasserbedarf und –entsorgung

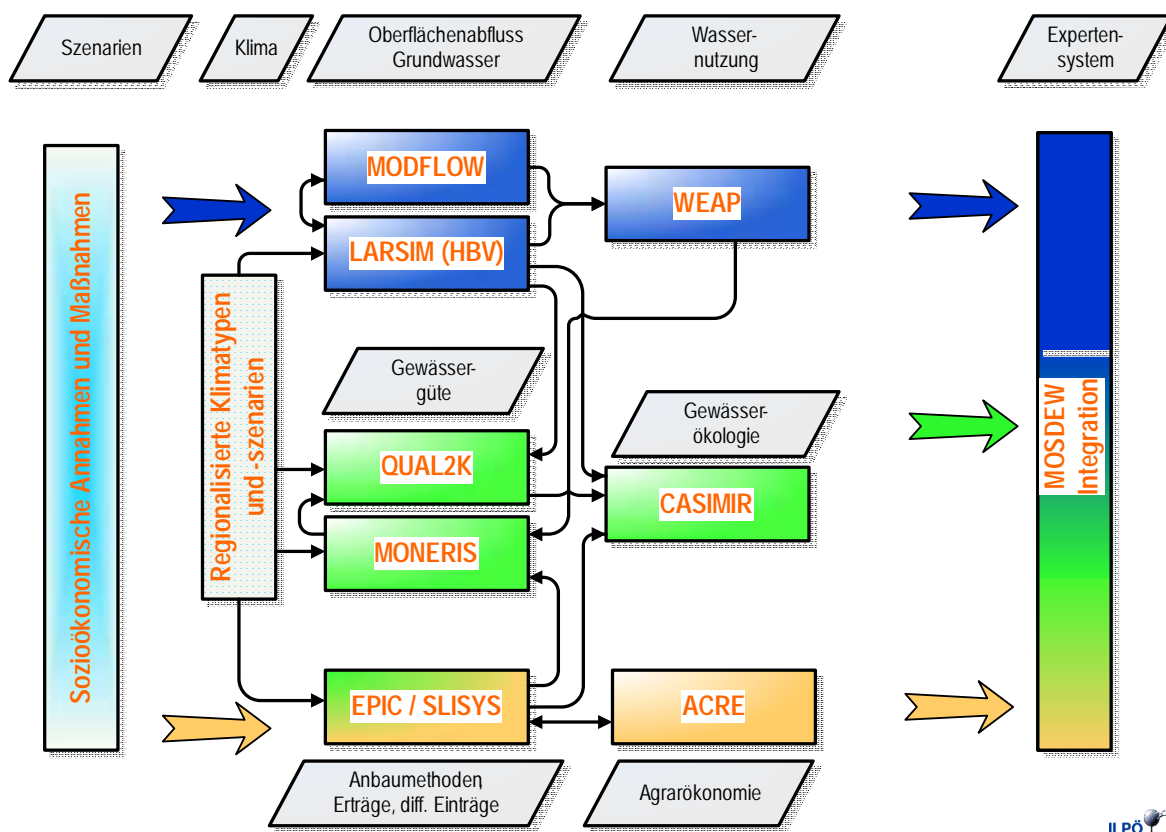


Abbildung 4: Abfolge der Teilmodelle im integrierten Modell MOSDEW

Ausgewählte Projektergebnisse

In beiden sozioökonomischen Szenarien A und B wird davon ausgegangen, dass die Reform der gemeinsamen Agrarpolitik (GAP) wie geplant im Neckareinzugsgebiet umgesetzt wird. Das heißt die Veränderungen der landwirtschaftlichen Flächennutzungen sind ähnlich. Lediglich der Flächenverbrauch durch Siedlungswachstum ist im Szenario B etwas geringer als im Szenario A. Die Umsetzung der GAP-Reform lässt neben kleineren regionalen Verschiebungen in der Getreideproduktion eine generelle Veränderung bei der Ausdehnung von Stilllegungsflächen sowie eine Verschiebung im Feldfutterbau vom Silomais zu Kleeergasgemischen erwarten (Henseler et al. 2006). Diese Veränderungen wirken sich in Verbindung mit der zunehmenden Versiegelung in beiden Szenarien positiv auf die Auswaschung an Nitrat aus, d.h. die Gesamtauswaschung wird um ca. 9% reduziert (Abbildung 7). Die etwas höhere Flächenversiegelung im Szenario A im Vergleich zu Szenario B hat keine weiteren Konsequenzen für die Nitratauswaschung.

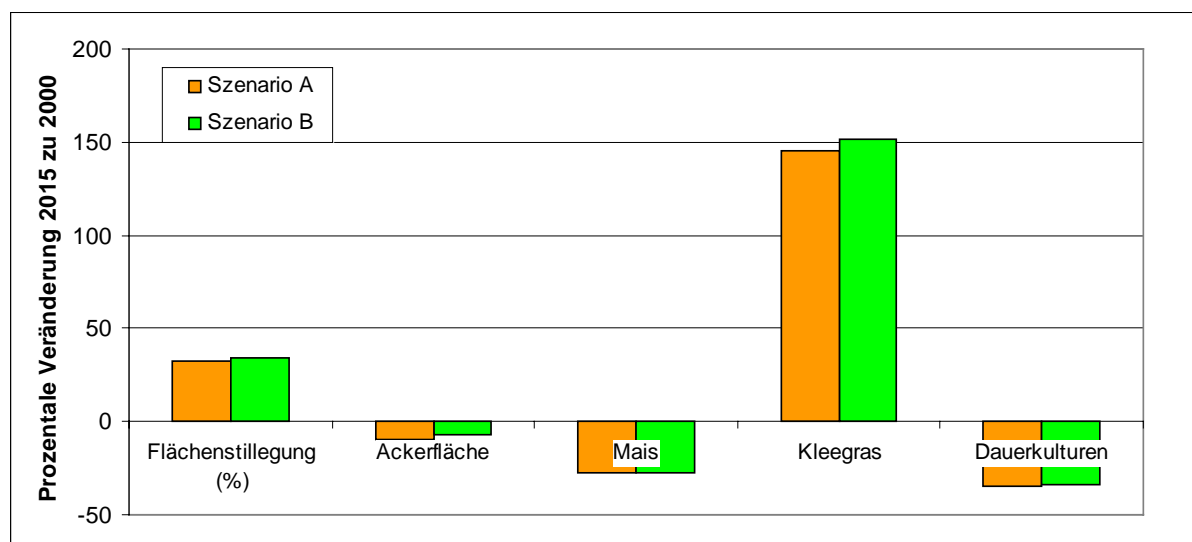


Abbildung 5: Veränderung der Flächenausdehnung ausgewählter landwirtschaftlicher Nutzungen in den sozioökonomischen Szenarien A und B im Jahre 2015 nach Umsetzung der GAP-Reform

Abbildung 6 zeigt den zeitlichen Verlauf der Nitratauswaschung über einen Zeitraum von 30 Jahren im Klimaszenario A2 (ECHAM MPI Hamburg). Die jährlichen Schwankungen sind enorm und sind auf klimatische Faktoren zurückzuführen, da in diesem Beispiel die Landnutzung über den gesamten Simulationszeitraum konstant gehalten wurde. Im zeitlichen Verlauf der Nitratauswaschung sind nur geringe Effekte der Landnutzungsszenarien A und B zu erkennen. Die Verläufe der Nitratauswaschung sind praktisch identisch. Andererseits scheint die Reduktion der Nitratauswaschung in den beiden Szenarien im Vergleich zur Landnutzung im Jahr 2000 in manchen Jahren stärker ausgeprägt zu sein und kann dann bis zu 20% betragen.

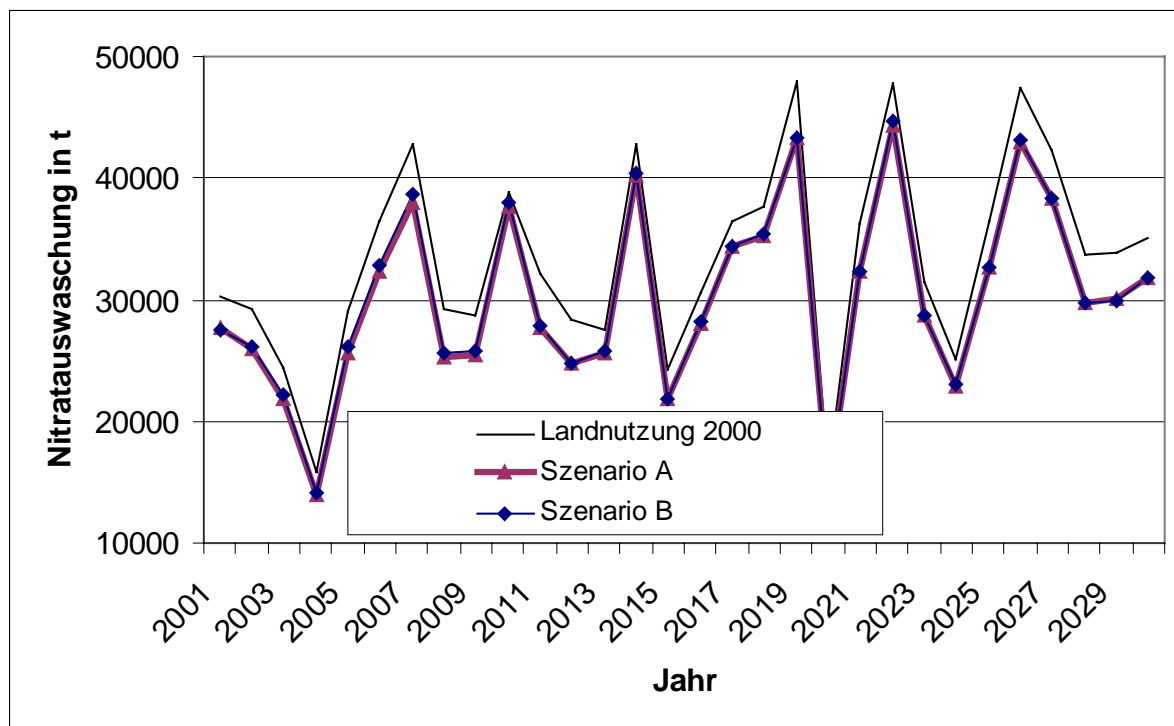


Abbildung 6: Prognostizierte jährliche Gesamt-Nitratemissionen im Sickerwasser resultierend aus Landnutzungsänderungen infolge der GAP-Reform

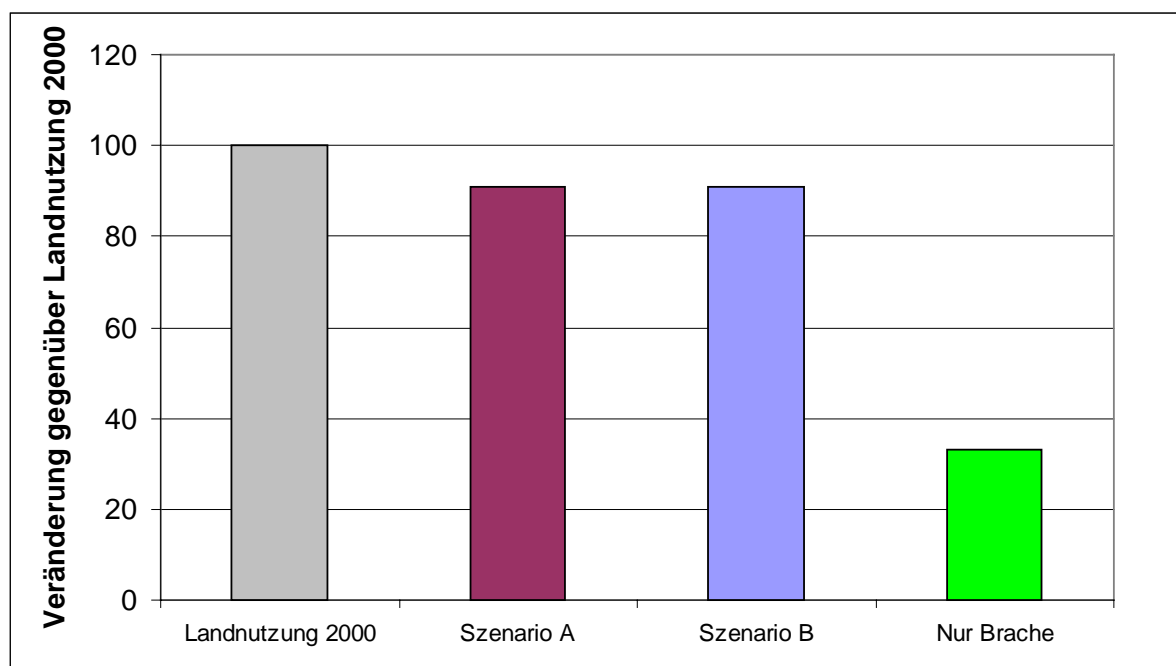


Abbildung 7: Veränderung der mittleren jährliche N Auswaschung durch unterschiedliche Landnutzungsszenarien aufgrund der GAP-Reform und bei vollständiger Umwandlung des Ackerlands in Grünbrache

Um das Reduktionspotential von Landnutzungsänderungen abzuschätzen, wurden die Simulationsläufe unter der Annahme wiederholt, dass die gesamte Ackerfläche im

Neckareinzugsgebiet in eine begrünte Dauerbrache umgewandelt würde. Die Nitratauswaschung würde dann im Vergleich zur Landnutzung im Jahre 2000 im Mittel um 67% abnehmen (Abbildung 7).

Gewässerökologie

Ein zentraler Aspekt der WRRL ist die Beurteilung der biologischen Wasserqualität. Hier leistet RIVERTWIN durch die Entwicklung des Habitatmodells MesoCASIMIR als Teilmodell von MOSDEW einen herausragenden Innovationsbeitrag. In jüngerer Zeit treten in den Gewässern Mitteleuropas vor allem morphologische Defizite in den Vordergrund. Durch den fehlenden Struktureichtum der Gewässer ist gleichzeitig das Strömungsverhalten vereinheitlicht. Das führt zu einer drastischen Abnahme an ehemals vielfältigen Lebensräumen im Gewässer. MesoCASIMIR liefert Informationen zu Veränderungen der Gewässerökologie, die durch verschiedene Klima- und Bewirtschaftungsszenarien hervorgerufen werden. In der aktuell entwickelten Version liegt der Fokus auf Fischlebensräumen. Abbildung 8 zeigt schematisch die Ergebnisse aus den verschiedenen Schritten der Modellierung. Für die Darstellung in der Flussgebietskala werden die einzelnen Mesohabitate, welche die Eignung des Gewässers für Fische in räumlichen Einheiten zwischen wenigen m² bis zu mehreren 100 m² widerspiegeln, zu „Lebensräumen“ aggregiert, welche in der Regel ganze Gewässerabschnitte zwischen zwei aufeinanderfolgenden Querbauwerken umfassen. Das Modell zeigt, dass im oberen Neckar zwar noch Teilabschnitte vorhanden sind, die vom Strömungsverhalten und den morphologischen Gegebenheiten her gute Bedingungen für die Barbe bieten. Andererseits sind lange Abschnitte durch Rückstau und stark reduzierte Fließgeschwindigkeiten beeinträchtigt. Falls außerdem die Wassertemperaturen zur Laichzeit der Barbe ~~allerdings~~ ansteigen und z.B. Temperaturen, wie sie normalerweise im Juli auftreten in Zukunft bereits im Mai und Juni vorhanden sind, werden sich die Bedingungen auf den wenigen vorhandenen Laicharealen deutlich verschlechtern. Hinzu kommt, dass die Mehrzahl der zahlreichen Querbauwerke bislang nicht durchwanderbar ist und deshalb Reproduktionsareale nur aus relativ kurzen Gewässerabschnitten erreichbar sind. Durch die Herstellung der Durchwanderbarkeit an den Querbauwerken könnte die Situation nicht nur für Langdistanzwanderfische, sondern auch für die Barbe signifikant verbessert werden. Entsprechende Priorisierungen von Maßnahmen können mit MesoCASiMiR durch Szenarienvergleiche vorteilhaft vorgenommen und ihre Auswirkung anschaulich dargestellt werden.

Zusammenfassung

Das Projekt RIVERTWIN leistet einen wesentlichen Beitrag für die Identifikation von Basisszenarien für mögliche zukünftige Entwicklungen im Einzugsgebiet des Neckars, auf deren Grundlage Maßnahmen auf regionaler und lokaler Ebene identifiziert und im Bewirtschaftungsplan festgeschrieben werden können.

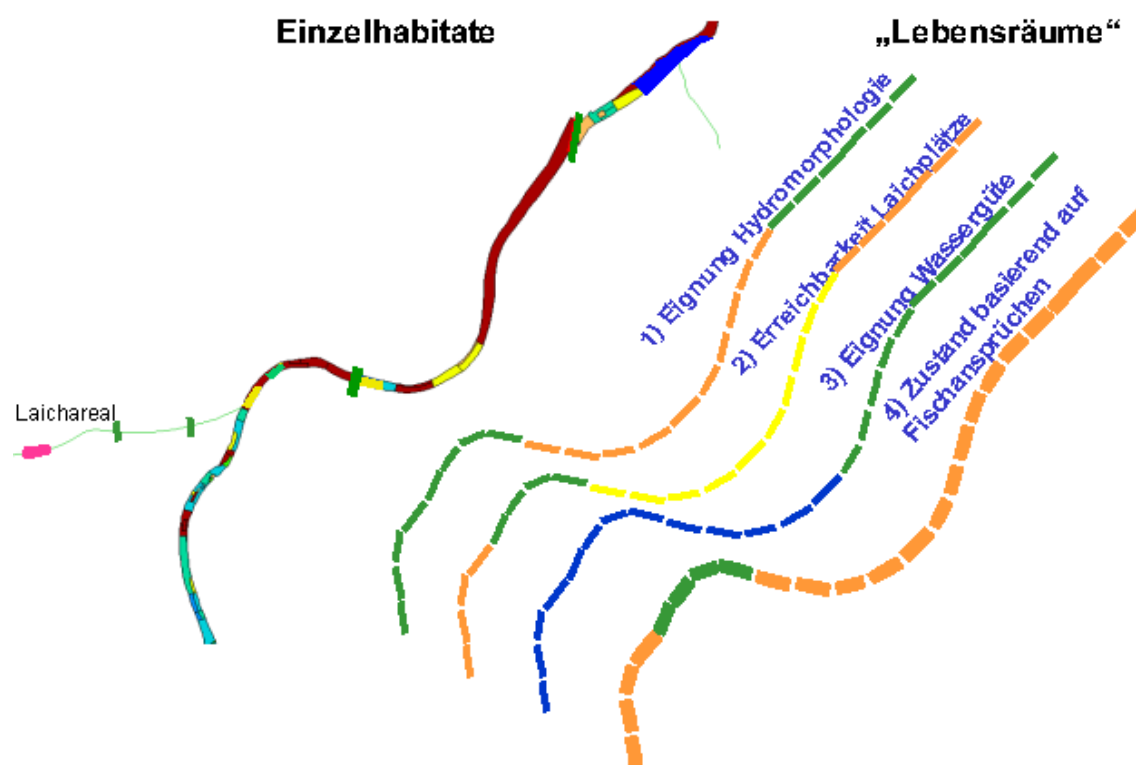


Abbildung 8: Ergebnisse des mehrstufigen Mesohabitatmodells: Mesohabitate und Aggregation zu Lebensräumen, Lebensraumeignungen basierend auf unterschiedlichen Kriterien

Insbesondere erleichtern die Modellergebnisse aus dem integrierten Regionalmodell MOSDEW die Identifikation und Quantifizierung der folgenden signifikanten Belastungen:

- Schätzung von diffusen Quellen für Gewässerverschmutzung
- Analyse der Auswirkungen menschlicher Eingriffe auf den Gewässerstatus
- Schätzung des Nutzungsdrucks auf die Gewässer

MOSDEW liefert neben Aussagen zu chemischen und physikalischen Parametern der Oberflächen- und Grundwasser auch Abschätzungen zur ökologischen Qualität. Es wird daher erwartet, dass die Ergebnisse dazu beitragen, in den gefährdeten Teileinzugsgebieten geeignete Massnahmen zu ergreifen, die auch unter zukünftigen Rahmenbedingungen einen guten Zustand der Gewässer nach den Vorgaben der WRRL garantieren.

Weitere Informationen zum Projekt und zu den Ergebnissen der Szenarienrechnungen sind unter der Projekt-Homepage (<http://www.rivertwin.org>) bzw. unter MOSDEW (<http://mapserver.ilpoe.uni-stuttgart.de/rivertwin/index.php>) verfügbar.

Danksagung

Den folgenden Einrichtungen sei für Ihre Zusammenarbeit und die Zurverfügungstellung von Daten für die Durchführung der Forschungsarbeiten gedankt: Umweltministerium Baden-Württemberg, Landesanstalt für Umwelt, Messungen, und Naturschutz Baden-Württemberg, Regierungspräsidium Stuttgart, Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau Baden-Württemberg, Statistisches Landesamt Baden-Württemberg, Landeswasserversorgung, Bodenseewasserversorgung und alle Landratsämter im Neckareinzugsgebiet. Das Projekt wurde gefördert durch das 6. Rahmenprogramm der Europäischen Commission (GOCE-CT-2003-505401).

Literatur:

- Bardossy, A. and W. Yang (2005): Highly resolved climate scenarios for the Neckar basin, rivertwin project deliverable 03, http://www.rivertwin.de/assets/publications/D03_downscaled_highly_resolution_Neckar.pdf.
- Börsch-Supan, A. (2003): Herausforderungen an den Standort Baden-Württemberg durch den demographischen Wandel.
- Europäische Gemeinschaft (2001): Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik.
- Europäische Gemeinschaft (2004): The EU Water Initiative. <http://www.euwi.net>.
- Henseler, M., Wirsig, A. und T. Krimly (2006): Anwendung des Regionalmodells ACRE in zwei interdisziplinären Projekten. In: Wenkel, K.-O., Wagner, P., Morgenstern, Luzi, K. und P. Eisermann (Hrsg.) (2006): Land- und Ernährungswirtschaft im Wandel – Aufgaben und Herausforderungen für die Agrar- und Umwelteinformatik, Tagungsband der 26t. GIL-Jahrestagung, Potsdam, 6. – 8. März 2006, S.101 – 104.
- Kröhnert, S.; van Olst, N.; Klingholz, R. (2004): Deutschland 2020. Die demographische Zukunft der Nation. Berlin-Institut für Weltbevölkerung und globale Entwicklung, <http://www.berlin-institut.org>
- Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (2004): Umweltdaten 2003 Baden-Württemberg. www.lfu.baden-wuerttemberg.de/lfu/abt2/umweltdaten2003_pdf
- Müller, M.G., Printz, A. und Schwarz-v.Raumer, H.-G. (2005): MOSDEW – ein Werkzeug zur strategischen Planung im integrierten Wassereinzugsgebiets-Management. In: STROBL, Josef, BLASCHKE, Thomas und GRIESEBNER, Gerald: Angewandte Geoinformatik 2005. Beiträge zum 17. AGIT-Symposium Salzburg. Wichmann Verlag, Heidelberg, Seite 481-486.

Prognos (2000): Deutschland-Report 2002-2020. Prognos AG, Basel.

Regierungspräsidium Stuttgart (2004): Wirtschaftliche Analyse der Wassernutzung des Bearbeitungsgebiets Neckar für Baden-Württemberg. Regierungspräsidium Stuttgart (unveröffentlicht).

Statistisches Landesamt (2000): Bodennutzung in den Gemeinden und Bezirken der Ämter für Landwirtschaft, Landschafts- und Bodenkultur Baden-Württemberg 1999. Statistische Berichte Baden-Württemberg, Agrarwirtschaft 16/00. Statistisches Landesamt Baden-Württemberg, Stuttgart, Germany. 63 S.

Statistisches Landesamt (2001): Landesvorausrechnung Basis 2001. StaLa Baden-Württemberg.

Statistisches Landesamt (2006a): Flächennutzung 1989 bis 2005. <http://statistik-bw.de/SRDB/home.asp?H=1&U=01>

Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg (2002): Landesentwicklungsplan 2002. www.wm.baden-wuerttemberg.de/htm/bereich8/content8_2.htm