

Tagungsbericht

2. Water Research Horizon Conference: „Neue Konzepte in Modellentwicklung und Datenintegration für ein integriertes Verständnis von Wasser-, Stoff- und Energieflüssen auf der Management-Skala“

„New Concepts in Model Development and Data Integration for Understanding Water, Matter and Energy Fluxes at Management Scale“

Bei der 2. Water Research Horizon Conference (WRHC) am 8. und 9. Juni 2011 in Berlin diskutierten rund 200 Experten der nationalen und internationalen Wasserforschungslandschaft über die Herausforderungen der Systemmodellierung von Wasser-, Stoff- und Energieflüssen auf der Management-Skala. Die Konferenz, im Rahmen der Water Science Alliance vom Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ organisiert, richtet sich an das ganze Spektrum der Akteure der „Wasserforschung“ und behandelt in jedem Jahr wichtige, übergreifende Themen der Wasserforschung. Ziel und Inhalt der Konferenz ist es, neue Konzepte und Ideen zu entwickeln, die die Wasserforschungs-Community in die Lage versetzt, durch integrierte Ansätze Lösungen zu wissenschaftlich-gesellschaftlichen Problemen zu entwickeln. Das bedeutet, Wege zu finden, die die disziplinäre und sektoral ausgerichtete Wasserforschung in Deutschland zu relevanten wasserbezogenen Fragestellungen zusammen bringen und diese gemeinsam zu bearbeiten. Unterstützt wird die Konferenz durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF), das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) sowie von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG). Die jährlich stattfindende WRHC orientiert sich an prioritären Forschungsbereichen, die im Rahmen der 1. WRHC 2010 mit einer großen Bandbreite an Vertretern der Wasserforschungslandschaft diskutiert und thematisch entwickelt wurden und die anschließend im sogenannten „White Paper“ der Water Science Alliance veröffentlicht wurden (s. Tagungsbericht in HW 54, 2010, H. 5). Im Rahmen der WRHC sollen regelmäßig neue Themen aufgegriffen, diskutiert und gemeinsam mit der Wasser-Community entwickelt werden.

Das Thema der diesjährigen Konferenz orientierte sich an den beiden im White Paper beschriebenen Forschungsbereichen „Wasser- und Stoffflüsse im regionalen Kreislauf: Schutz von Umwelt und Gesundheit“ sowie „Entwicklung komplexer Systemmodelle und Datenintegration in der Wasserforschung“. In einer Eröffnungs- und sechs thematischen Sessions trugen 26 Fachexperten aus den Bereichen Hydrologie, Hydrogeologie, Pedologie, Ökologie, Toxikologie, Modellentwicklung, Fernerkundung und viele weitere zu den Diskussionen bei. Auch Vertreter aus Praxis und Wirtschaft präsentierten ihre Sicht der Herausforderungen, denen die Wasserforschung gegenübersteht. Zur Entwicklung konkreter Projektideen für die Bearbeitung der „Wasserthemen“ fanden am 2. Konferenztag sogenannte „Open-Space“ Workshops zu acht Themenschwerpunkten statt.

Konferenzöffnung

Es begrüßten der Unterabteilungsleiter für Nachhaltigkeit, Klima und Energie, Wilfried Kraus, BMBF, der den neuen Förderschwerpunkt „Nachhaltiges Wassermanagement“ vorstellte. Im Rahmen

der Ausschreibungen dieses Förderschwerpunkts sollen auch Fragestellungen aufgegriffen werden, die Bestandteil der beschriebenen Herausforderungen des White Papers der Water Science Alliance sind. Fritz Holzwarth, Wasserdirektor und Unterabteilungsleiter für Wasserwirtschaft im BMU, wies in seinem Grußwort auf die Dringlichkeit hin, für die Wasserforschung adäquate Finanzierungsstrukturen und Fördermechanismen durchzusetzen, die den Herausforderungen der Wasserforschung gerecht werden. Es begrüßte außerdem Ute Weber, Programmdirektorin der Gruppe Physik, Mathematik und Geowissenschaften und Beauftragte der DFG-Senatskommission Wasserforschung (DFG-KoWa). Sie beleuchtete die Sicht der DFG auf die Aktivitäten und Ziele der Water Science Alliance und verdeutlichte die Absicht, die Arbeit der KoWa eng mit den Entwicklungen der Water Science Alliance zu koppeln und diese insbesondere in ihrer strukturellen Entwicklung zu unterstützen.

Georg Teutsch, Wissenschaftlicher Geschäftsführer des UFZ, eröffnete die Konferenz und beschrieb die Motivation und die Ziele der Konferenz: die Komplexität wasserbezogener Herausforderungen und die damit verbundenen gesellschaftlichen Erwartungen steigen sowohl national als auch international, während einzelne Institutionen bei umfassenden, komplexen Wasserfragen nur begrenzt Antworten liefern können. Daher besteht ein dringender Bedarf, gemeinsame, institutionenübergreifende Initiativen zu fördern, bei denen die vorhandenen, aber fragmentierten Kompetenzen in Deutschland zusammengeführt werden. Dafür liefert die Water Science Alliance eine langfristig angelegte Kommunikationsplattform für die nationale und die internationale Forschungs-Community. Durch eine verstärkte Vernetzung und Koordination der Forschung sollen auch neue Bedingungen für eine verbesserte, interdisziplinäre Ausbildung geschaffen werden. Gleichzeitig sollen die Schnittstellen zu Wirtschaft, Politik und Gesellschaft verstärkt werden, indem Forschungsaktivitäten und -ergebnisse adäquat kommuniziert, gemeinsame Technologie-„Roadmaps“ entwickelt werden und dadurch eine bessere Sichtbarkeit der deutschen Wasser-Community insgesamt erzielt wird. Um diese Ziele zu erreichen sollen zunächst zu den sechs im White Paper beschriebenen Forschungsbereichen sogenannte „Themen-Cluster“ gebildet werden: Forschungskonsortien, die zu bestimmten Themen interdisziplinäre, institutionenübergreifende Aktivitäten entwickeln.

Neue Entwicklungen in der skalenübergreifenden Wasser- und Stoffflussmodellierung (Keynotes)

In den drei Keynotes wurden die Grenzen der aktuellen hydrologischen Modellierung und die Möglichkeiten einer „Hydrologie der Zukunft“ betrachtet. Alle drei Referenten sehen die deutlichen Limitierungen heutiger hydrologischer Modelle, deren Qualität sich durch die Reproduktion historischer Daten ableitet und Veränderungen des Systems, insbesondere durch den Menschen verursachte Auswirkungen auf Landnutzung, Wasserqualität und den Wasserkreislauf, kaum berücksichtigen und somit Prognosen unter den Bedingungen des Wandels nicht zulassen. Murugesu Sivapalan, Universität Illinois, stellte die Initiative „Predictions under Change (PUC)“ vor. Grundlage des Konzepts ist die Einbeziehung aller relevanten, miteinander in Wechselwir-

kung stehenden Treiber, Strukturen und Dynamiken. Hierfür ist eine Kopplung von Denkansätzen notwendig, die einerseits von „idealen Systemen“ ausgeht (in denen bestimmte Mechanismen und Gesetzmäßigkeiten unter gegebenen Anfangs- und Randbedingungen zu prognostizierbaren Ereignissen führen, „Newtonsche Denkweise“) und andererseits von realen Systemen (in denen zu beobachtende Verhaltensweisen und Wechselwirkungen Trends entstehen lassen, die sich aus zufälligen Ereignissen in der Vergangenheit entwickeln, „Darwinsche Denkweise“). Ándras Bárdossy, Universität Stuttgart, erklärt, dass, um Vorhersagen für bisher nicht aufgetretene Ereignisse zu treffen, eine bessere Bestimmung der modellbedingten Unsicherheiten notwendig ist. Um geeignete Modellstrukturen für konkrete Fragestellungen zu bestimmen, müssen verschiedene Modellsysteme eingesetzt und miteinander verglichen werden. Dabei sollten Modelle insbesondere für Extrem- oder außergewöhnliche Ereignisse eingesetzt und getestet werden. Eine gute Übereinstimmung von Beobachtung und Simulation in Extremwertbereichen gibt Aufschluss über die Eignung des Modells, Veränderungen des Systemverhaltens vorherzusagen. Suresh Rao, Purdue Universität, weist speziell auf die anthropogen verursachten Veränderungen der biochemischen Zusammensetzung der im Wasser gelösten und transportierten Stoffe hin. Die vielfältigen Änderungen, insbesondere Homogenisierung von Landschaften und Flusssystemen sowie Schadstoffeinträge, haben bereits heute zu einer verminderten Pufferkapazität von Einzugsgebieten geführt.

Hydrologische Modellierung trifft reale Systeme – Kompartimente, Skalen und menschlicher Einfluss (Session 1)

Andrew Barry, EPFL und Universität Queensland, trug über die besondere Rolle der Küstenzonen als Reaktionsraum für über das Wasser transportierte Stoffe im Grundwasser zwischen Land und Meer vor. Dieses sehr komplexe, dynamische und heterogene System ist sowohl für die Qualität der Küstengewässer von großer Bedeutung, die durch vom Land transportierte Nähr- und Schadstoffe massiv beeinflusst werden, als auch für die küstennahen Grundwasserressourcen, die von Versalzung durch eindringendes Meerwasser bedroht sind. Günther Blöschl, TU Wien, widmete seinen Vortrag der Regionalisierung in der Hydrologie von der Punkt- auf die Landschaftsskala und der Frage, wie in der Modellierung der hohen räumlichen Variabilität Rechnung getragen werden kann. Dabei analysierte er die Passfähigkeit von Modellstrukturen, relevanten Parametern und Einzugsgebietskala und stellte fest, dass räumliche und zeitliche hydrologische Muster eine größere Rolle spielen als die Einzugsgebietsgröße an sich. Innovative Monitoring-Methoden (z.B. Video-Monitoring, mikrobielles Finger-Printing, Bodenfeuchtemonitoring durch räumlich differenzierte Temperaturmessung) sind adäquate Methoden zur Identifikation von Mustern in der Hydrologie.



Abbildung 1
Hydrologisches Einzugsgebiet: Schematische Darstellung. Quelle: UFZ

Wie in den Keynotes bereits angesprochen, sieht auch Axel Bronstert, Universität Potsdam, die Limitierungen der aktuellen hydrologischen Modellierung, die über Zustandsbeschreibungen und die Bestimmung von Wahrscheinlichkeiten kaum hinausreichen. Für die Beschreibung modellinterner Dynamiken und Interaktionen, die ein Systemverhalten ableiten lassen, Prozessinteraktionen zu quantifizieren erlauben oder reale Szenarioanalysen zulassen, fehlen derzeit robuste, zuverlässige Modelle, die auch die Übertragbarkeit von Modellen auf Gebiete mit fehlenden Daten, auf verschiedene Systemtypen oder für transiente Systembedingungen erlaubten. Luis Samaniego, UFZ, stellte eine Modellierung mit dem Modell mHM (Samaniego et al.) von Wasserflüssen in räumlich-zeitlich hoher Auflösung auf der Skala Deutschlands vor, die auf Basis einer räumlich differenzierten Modellierung von Bodenfeuchtedaten eine Vorhersage von Dürren erlaubt.

Hydrologische Benchmarking Initiative „The HydroBench“ (Session 2)

Die vier Redner der Session, Andrea Rinaldo, EPFL, Dennis Lettenmaier, University of Washington, Olaf Kolditz, UFZ und Mario Putti, Universität Padua, stellen die Ziele einer Benchmarking-Initiative für mesoskalige hydrologische Modelle vor, die sich in erster Linie auf die Untersuchung der Leistungsfähigkeit von Modellen hinsichtlich spezifischer Fragestellungen und verschiedener Skalen beziehen. Sie plädierten für die Schaffung einer offenen „Benchmarking-Plattform“, die durch eine sich entwickelnde Modellierer-Community – nicht eines Community-Modells – getragen werden soll. Mithilfe systematischer Teststudien („Benchmark-Probleme“) sollen optimale Modellstrukturen unter definierten Randbedingungen und entsprechend limitierter Datenverfügbarkeit identifiziert und damit die Vorhersagefähigkeit der Modellsysteme verbessert werden. In diesem Rahmen sollen sowohl räumlich differenzierte als auch räumlich konzentrierte („lumped“) oder konzeptionelle Modelle und verschiedene

Kopplungsansätze einbezogen werden und in flexiblen Modellstrukturen gekoppelt, verglichen und getestet werden. Damit können wissenschaftliche Hypothesen verifiziert bzw. falsifiziert, Unsicherheiten und Prozesse analysiert und gemeinsame Standards entwickelt werden. Die Modelle sollten, so Lettenmaier, anhand mehrerer Datensätze von Messwerten, die jeweils für unterschiedliche hydro-klimatische Bedingungen repräsentativ sind, angetrieben werden. Dabei sollten Vergleiche mit Benchmarking-Ansätzen in der Klimamodellierung sowie existierende Benchmarking-Aktivitäten in der Hydrologie einbezogen werden. Weiterhin sollten „diagnostische Variablen“ definiert werden, anhand derer sich die Modellleistung bestimmen lässt. Existierende Aktivitäten in diesem Bereich (z.B. PILPS, GEWEX, ULM) fokussieren stark auf Vergleiche zwischen Modellen und wenig auf einen Vergleich zwischen Modell- und Messergebnissen. Zudem fehlt eine intensive Reflektion über bisher fehlende Daten oder Datentypen, die zu einer Verbesserung der Modelle führen könnten. Ein besonderer Mangel besteht in der Einbeziehung anthropogener Einflüsse, wie beispielsweise Maßnahmen des Wassermanagements. Kolditz stellt das Potential von Hybrid-Ansätzen vor, die die Vorteile von physikalisch basierten und konzeptionellen Modellansätzen zusammen bringen. Putti weist in diesem Zusammenhang auf den im Juni 2011 in Colorado stattgefundenen Modell-Vergleichs-Workshop hin, bei dem die Entwickler von acht verschiedenen hydrologischen Modellen bereits erste Ideen zu einer Benchmarking-Initiative entwickelten.

Integration des urbanen Systems in Einzugsgebietsmodelle (Session 3)

Wolfgang Rauch, Universität Innsbruck, stellte das Modell „DAnCE4Water“ für urbane Einzugsgebiete vor, welches für die wasserwirtschaftliche Planung in Städten den Urbanisierungsprozess mit der Wasserinfrastrukturplanung räumlich differenziert miteinander koppelt. Mit Blick auf die Nachhaltigkeit werden in dem Modell dezentrale Wasserver- und Entsorgungskonzepte sowie städtische Ökosystemdienstleistungen mit einbezogen. Zentrale Frage ist, wie der Wandelprozess von der herkömmlichen Bewirtschaftung und Infrastrukturplanung hin zur nachhaltigen, adaptiven Stadt der Zukunft modelliert und vorhergesagt werden kann. Das DAnCE4Water-Konzept integriert Module der sozialen und der urbanen sowie der biophysikalischen Entwicklung über eine agentenbasierte Modellierung und die Verwendung des UrbanSim- und des SWMM-Modells.

Volker Erbe, Wupperverband, verdeutlicht am Beispiel der Wupper, wie unter Verwendung des „Immissionsprinzips“ und Konzepten aus der Institutionenforschung in der Modellierung sowie ein adäquates Datenmanagement ein nachhaltiges Abwassermanagement erreicht werden kann. Peter Krebs, TU Dresden, beschreibt die Schwierigkeit, die typischerweise hoch aufgelösten urbanen Modelle, in denen das Einzugsgebiet nicht repräsentiert ist, in Einzugsgebietsmodelle mit geringer räumlicher Auflösung und in denen urbane Gebiete nur als Punkt mit definiertem In- und Output im Gesamtmodell repräsentiert sind, zu integrieren. Im Rahmen des IWAS-Projektes wird eine integrierte Flussgebietsmodellierung unter Einbeziehung des urbanen Systems durchgeführt. Das IWAS-Poltva-Modell koppelt Klima, Landnutzung, Hydrologie, Oberflächenwasserqualität und Grundwasser mit urbanen hydrologischen Modellen für die Abwasserbehandlung und den Kanal-Abfluss. Die Szenarien, ange-

trieben durch verschiedene Annahmen des Klima-, Bevölkerungs- und Landnutzungswandels, dienen als Grundlage für ein verbessertes Management der Poltva.

Alle diese Modellansätze zeigen, dass für eine erfolgreiche Umsetzung in der Praxis Daten zur Kalibrierung der Modelle und ein fundierteres Verständnis der Interaktionen innerhalb des komplexen urbanen Systems fehlen. Zudem führen große Unsicherheiten, unzuverlässige Prognosen des erwarteten Wandels und eine inadäquate Kopplung der verschiedenen Raum- und Zeitskalen bislang nicht zu den gewünschten Ergebnissen.

Modellkonzepte, reaktive Zonen und Heterogenität des Wassersystems (Session 4)

Erwin Zehe, KIT, stellt das Konzept der DFG-Forschergruppe CAOS vor, das die thermodynamischen und strukturellen Grundlagen der Wasser- und damit verbundenen Stoffflüsse untersucht, die im Wesentlichen durch die netzwerkartigen morphologischen Strukturen bestimmt werden, die von der Makroporen- bis zur Einzugsgebietsskala dominieren (Wurmlöcher, Wurzelkanäle, Erosionsrinnen, Flussnetze). Der Ansatz kann helfen, Wasser- und Stoffflüsse, das Funktionieren von Einzugsgebieten sowie die Anpassung von Ökosystemen an den Klimawandel zu verstehen. Dabei sind thermodynamisch konsistente Modelle für Wasser-, Stoff- und Energieflüsse notwendig. Die Instationarität der Landschaften bleibt dabei ein ungeklärtes Paradox. Thorsten Wagener, Penn State University, betont die Notwendigkeit, in der hydrologischen Modellierung die Wechselwirkungen zwischen System und Systemantwort zu berücksichtigen und diese damit den dynamischen Veränderungen der Umwelt anzupassen. Zukünftig werden Prognosen auch für Standorte ohne Datenverfügbarkeit und für sich ändernde Bedingungen gefordert werden, wofür neue Methoden in der hydrologischen Modellierung notwendig sind. Durch vergleichende Untersuchungen unterschiedlicher Standorte entlang definierter Gradienten und über verschiedene Skalen hinweg sowie durch entsprechende Sensitivitätsanalysen sollen typische Signaturen bestimmt werden, die verschiedene Systemtypen charakterisieren. Die diagnostische Bewertung der Übereinstimmung von Modell und repräsentiertem System sowie die Überprüfung des Modellverhaltens jenseits beobachteter Werte lässt eine Bewertung des Modells zu.

Auch die Prognose von Stoffflüssen auf Einzugsgebietsskala spielt im integrierten Management von Wasserressourcen eine immer größere Rolle. In Ansätzen, die auf dem „Critical Zones“-Konzept basieren, werden Methoden gesucht, um von der sehr kleinen Skala, auf der Transport- und Umwandlungsprozesse von Stoffen stattfinden, relevante Aussagen für das Management der Wasserqualität im Flusseinzugsgebiet zu treffen. Die „Critical Zones“ sind Bereiche steiler hydraulischer, biogeochemischer und thermischer Gradienten. Von Jan Fleckenstein, UFZ, vorgestellte Untersuchungen zeigen, dass die Prozesse in der reaktiven Zone zwischen Grund- und Oberflächenwasser die Stoffflussdynamiken auf größeren Skalen prägen, wenngleich sie komplexen, meist ereignisgebundenen Dynamiken unterliegen. Eine besondere Herausforderung liegt darin zu bestimmen, welche Parameter wann und wo als Input für die Modellierung gemessen werden sollen, um die dominierenden Prozesse zu identifizieren. Ein zeitlich hoch aufgelöstes Monitoring, unter Nutzung neuer Tech-

nologien und Methoden, kann die Dynamiken und relevanten Parameter aufzudecken helfen. Ein iteratives Verfahren von Monitoring und Modellierung ist sinnvoll, das sowohl die Messstrategien als auch die Modellkonzepte zu optimieren hilft. Olaf Cirpka, Universität Tübingen, knüpft mit seinen Überlegungen zur Identifikation der Schlüsselstellen im reaktiven Stofftransport im Untergrund an. Zentral ist dabei, aus den vielen Prozessen, Zuständen, Gleichungen und Parametern diejenigen zu bestimmen, die das Systemverhalten steuern und diese adäquat in das Monitoring und die Modellierung einzubauen. Die den Stofftransport und -transformation bestimmenden Faktoren sind zum einen die unterschiedlichen Zeitskalen, auf denen die Prozesse (Desorption, Lösung, mikrobielle Prozesse) stattfinden und zum anderen die Mischung. Letztere wird sowohl durch die Heterogenität der Matrix sowie die Stärke der Quelle des untersuchten Stoffes bestimmt. Beide sind durch eine hohe Unsicherheit gekennzeichnet. Der Schlüssel ist daher, durch intelligente Feldmessungen die Unsicherheiten zu reduzieren.

Datenkompatibilität und Qualitätssicherung für eine neue Generation hydrologischer Modelle (Session 5)

Ad de Roo, EC-JRC, beleuchtet die Anforderungen an Datenverfügbarkeit, -qualität und -management für die angewandte Modellierung. Das JRC liefert Vorhersagen für Hochwässer und Wasserknappheit und entwickelt Modellszenarien für die Wasserqualität und landwirtschaftlichen Erträge als Unterstützung bei der Entwicklung und Umsetzung europäischer Richtlinien und Gesetze. Beispiele für Langzeit- (v.a. Dürren) als auch Echtzeitprognosen (Hochwässer) verdeutlichen den Bedarf für hoch aufgelöste Daten und ein entsprechend dichtes Netz von Messinfrastrukturen. Herausforderungen bleiben die korrekte Erfassung der Niederschläge sowie die Datenverfügbarkeit anthropogen gesteuerter Parameter (z.B. Wasserverbrauch und -entnahmen für Landwirtschaft/Industrie, Metadaten von Wasserreservoirs, Deichhöhen, Flussquerschnitte), die Verfügbarmachung, Präzision und Integration der Daten und die unterschiedliche Definition von Variablen in verschiedenen Ländern. Auch die speziell zum Zweck der verbesserten Datenverfügbarkeit eingerichteten Informationsinfrastrukturen (GMES, INSPIRE) und der involvierten Einrichtungen (WMO, EUMETNET) können dem Datenbedarf der Wasser-Community zur Prognose von Extremereignissen und Langfrist-Trends nicht gerecht werden. Daher ist die Community selbst aufgefordert, aktiv zu einer verbesserten Datenverfügbarkeit beizutragen.

Harrie-Jan Hendricks-Franssen, Forschungszentrum Jülich, machte anhand von drei Beispielen (Cosmic Ray Probes, Eddy-Kovarianz, SMOS-Satellitendaten) deutlich, dass für die Kalibrierung von Modellen, die Verifizierung von Simulations-

ergebnissen sowie für die Verbesserung von Vorhersagen die Nutzung von neuen Messdatentypen wesentlich ist. Um diese optimal nutzen zu können, ist eine genaue Kenntnis dessen, was gemessen wird, notwendig. Algorithmen zur Datenfusionierung (inverse Modellierung, sequentielle Datenassimilation) müssen die Beziehung zwischen Messungen, die aufgrund von Heterogenitäten, Störungen oder systematischen Messfehlern variieren können, und gesuchtem Parameter explizit berücksichtigen. Auch die unterschiedlichen Skalen von Messung und Modellierung können zur Verzerrung der „Realität“ führen. Messung und Modellierung müssen daher stärker verlinkt werden. Gleichzeitig bedarf es einer realistischen Einschätzung der Verbindungen zwischen Daten, Datenunsicherheit und Realität.

Michael Natschke, Firma Kisters, präsentierte offene Datenmanagementsysteme, die für ein integriertes Wasser-Informationsmanagement in England, Australien und den USA verwendet werden. Die Informationssysteme basieren auf den Standards WaterML/OpenML, OGC und OpenMI (Modellierung), fusionieren nationale Datenbanken und machen sie frei zugänglich, was für die Modellierer sowohl auf der wissenschaftlichen Seite (z.B. CUAHSI, USA), als auch für die Modellierer auf der Praxisseite ein großer Gewinn ist. Karsten Schulz, Ludwig-Maximilians-Universität München, zeigte anhand von zwei Beispielen aus der Hydrologie (Reynolds Creek) und der CO₂-Messung (FLUXNET) die Relevanz von Langzeit Observatorien für die Bestimmung langfristiger Trends, die Identifizierung relevanter Prozesse, insbesondere unter den Bedingungen des Globalen Wandels, und die Entwicklung zuverlässiger, mechanistischer Modelle sowie die Entwicklung von Regionalisierungsstrategien (Up- und Downscaling).

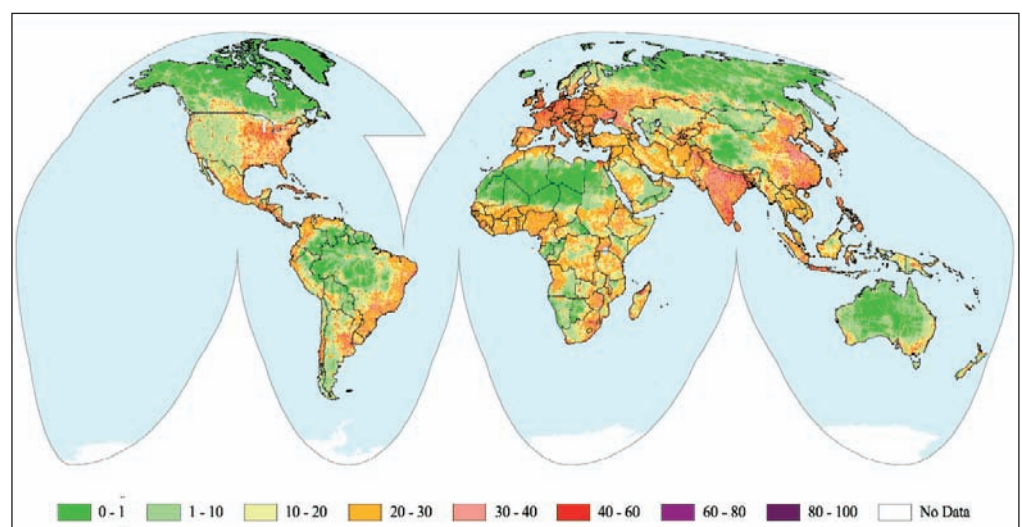


Abbildung 2

Darstellung des globalen „menschlichen Fußabdrucks“. Die menschliche Prägung (normiert) reicht von 0 (keine Prägung) bis 100 (sehr starke Prägung) und setzt sich zusammen aus Bevölkerungsdichte, Landtransformation, Zugänglichkeit, Stromversorgungsinfrastruktur. Quelle: Sanderson et al. 2002, in *BioSciences* Vol 52, No 10: *The Human Footprint and the Last of the Wild*.

Modellierung der Wasserqualität? – Sensitivität, Effekte und ökologische Reaktionen auf Änderungen der Wasser- und Stoffkreisläufe (Session 6)

Um zu verstehen, wie die Ökologie auf Änderungen der Schadstoffeinwirkungen reagiert, muss, so Christian Stamm, EAWAG, die Vielfalt der Nähr- und Schadstoffe, die die Qualität des Wassers beeinflussen, analysiert werden. Zu den „klassischen“ Schadstoffen kommen unzählige „neue“ Schadstoffe hinzu, von Schwermetallen über Pestizide bis hin zu hormonaktiven Stoffen. Die ökologische Reaktion hängt zudem von den Schadstoffquellen und -transportwegen sowie der Dynamik der messbaren Konzentrationen im Gewässer, von der Morphologie, dem Durchflussregime und der Temperatur ab. So müssen die relevanten Substanzen bestimmt und deren Effekte auf die Ökologie erkannt werden. Um zu einer optimalen Komplexität umfassender Wasserqualitätsmodelle und einer angemessenen Parametrisierung zu gelangen, ist eine vergleichende Bewertung der Wasserqualität und anderen Stressoren notwendig. Dazu sind die Entwicklung guter ökologischer Theorien und die Verfügbarmachung solider Datengrundlagen erforderlich. Die Grundwasser-Oberflächenwasser-Grenzfläche trägt wesentlich zur Erhaltung wichtiger Ökosystemdienstleistungen bei, so Philippe Van Cappellen, Universität Waterloo. Die Nähr- und Schadstoffflüsse an dieser Grenzfläche werden durch die steilen Redox- und physiko-chemischen Gradienten, die hohe biogeochemische Aktivität sowie die funktionelle und genetische Diversität gesteuert. Nur die direkte Untersuchung der Grundwasser-Oberflächenwasser-Grenze kann Aufschluss über die hohen Umsätze und die Prozesse im Interstitial sowie die relevanten Parameter geben, die durch Untersuchungen des anliegenden Grund- oder Flusswassers häufig unentdeckt bleiben. Van Cappellen weist daher auf die hohe Relevanz von zeitlich und räumlich hoch aufgelösten Feldmessungen, Monitoring und Feldexperimenten auf verschiedenen Skalen hin, in denen transiente Prozesse und heterogene Systeme berücksichtigt werden. Für die Modellierung sind

die klassischen reaktiven Transportmodelle durch stochastische Modelle, „Particle Tracking“, Spieltheorie und andere neue Denkansätze zu ersetzen.

Markus Vernohr, IGB, stellte die Ergebnisse der Elbe-DSS/MONERIS-Modellierung vor, die sich, basierend auf der angestrebten Nährstoffreduktion der FGG-Elbe, auf verschiedene Entwicklungsszenarien stützte. Die Ergebnisse zeigen, dass der globale Wandel und der Klimawandel nur einen geringen Effekt auf die Emissionen und Frachten in der Elbe haben werden, wobei regional große Unterschiede festzustellen sind, die zu einer Gefährdung der Zielerreichung führen könnten. Während das Potential der P-Reduktion in den verschiedenen Anrainer-Staaten sehr unterschiedlich ist, wird die Reduktion von N eine immer größere Rolle für das Flussgebietsmanagement der Elbe spielen. Ursula Gaedke, Universität Potsdam, schloss diese Session mit einer Präsentation zum Einfluss der Effekte des globalen Wandels auf Nahrungsnetze und trophische Interaktionen in Standgewässern.

Zusammenfassung Open-Space Workshops

An das Vortragsprogramm des ersten Konferenztages schlossen sich offene Workshops („Open-Space Workshops“) an, in denen die Community über neue Themen diskutierte und konkrete Projektideen entwickelte. Aufbauend auf den vorangehenden Diskussionen war in den acht Themen-Workshops das Ziel, Arbeitshypothesen und Ideen zur Entwicklung von Lösungsansätzen für „große Herausforderungen der Wasserforschung“ zu entwickeln.

Workshop 1: Bewertung und Planung von Wasserressourcen in der Landschaft

In diesem, von Christine Fürst, TU Dresden, geleiteten Workshop ging es um die Inkompatibilität von Landnutzungsplanung und

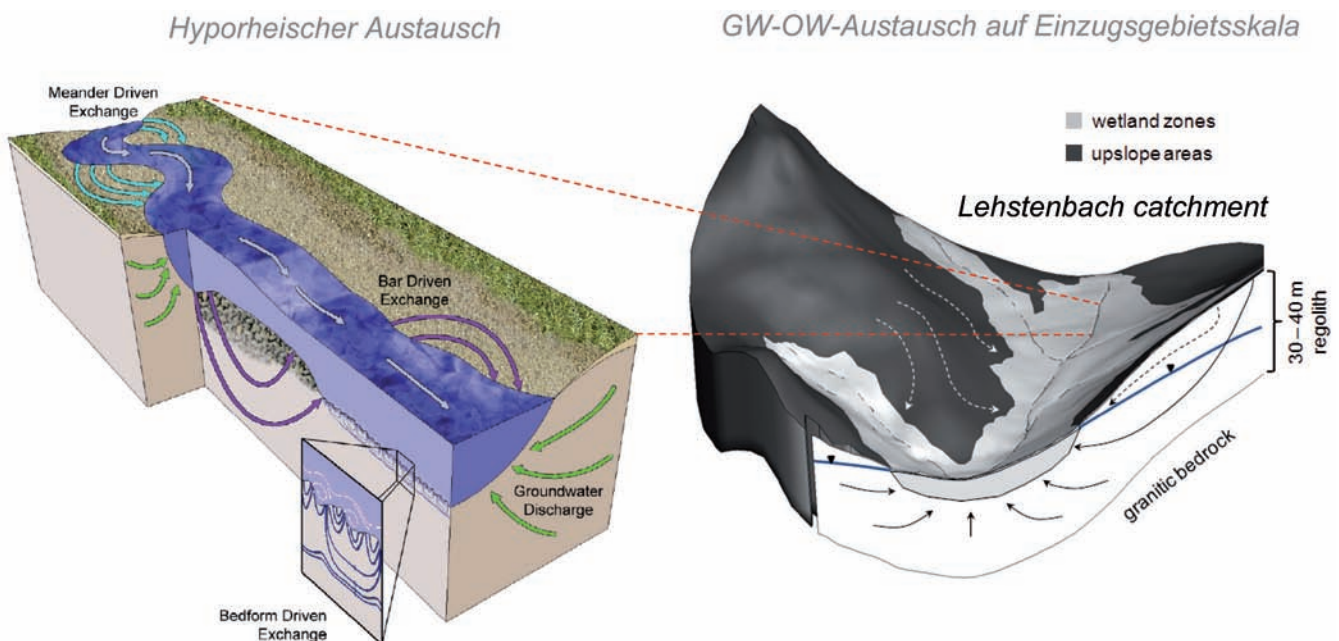


Abbildung 3

Genesteter Ansatz zur Untersuchung der Prozesse im hyporheischen Interstitial und ihrer Bedeutung auf der Einzugsgebietsskala. Abbildung links aus Stonedahl et al. 2010, WRR, 46:W12539; Abbildung rechts aus: Frei, Lischeid, Fleckenstein 2010, AWR, 33(11):1388-1401

Wassermanagement, die sich an unterschiedlichen Skalen orientieren. Dabei wurde auf die Relevanz der Verlinkungen zwischen den Systemen Wasser, Landnutzung, urbane und industrielle Systeme hingewiesen und die Frage aufgeworfen, wie das Wissen in diesen verschiedenen Sektoren besser zusammengeführt werden kann, um ressourcenschonende Landnutzungsalternativen aufzuzeigen. Weiterhin wurde diskutiert, ob das Einzugsgebiet für solche disziplinenübergreifende Fragestellungen die angemessene Referenz-Skala ist (z.B. im Kontext IWRM). Notwendig wäre für eine engere Zusammenarbeit eine interdisziplinäre Datennutzung und Modellierung sowie die Entwicklung eines passenden Rahmens für einen Dialog zu diesem Thema (Auf welcher Ebene sollten diese Fragen diskutiert werden: EU/national/regional?; Wer sollten die Akteure sein (Wissenschaft, Behörden, andere)?; Welches sind die zu bewältigenden Hürden, um einen nachhaltigen Prozess in Gang zu setzen?). Eine Schnittstelle zwischen Water Science Alliance und der Landnutzungsplanung sollte gefunden werden.

Workshop 2: Herausforderungen für eine integrierte Wasserqualitätsmodellierung auf der Einzugsgebietsskala

Der von Michael Rode und Ilona Bärlund, UFZ, vorbereitete Workshop zielte auf die Entwicklung von Lösungsansätzen der integrierten Wasserqualitätsmodellierung ab, die als Grundlage für nachhaltige Managemententscheidungen unter den Bedingungen des Landnutzungs- und des Klimawandels sowie für regionenübergreifende rechtliche Anforderungen (z.B. EU-Wasserrahmenrichtlinie) dient. Schwerpunkt der Diskussionen lag auf der Bedeutung von Nähr- und Schadstoffeinträgen durch unterschiedliche Landnutzungen, der Grundwasser-Oberflächenwasser-Interaktionen und des Flussnetzes als Gesamtsystem für den lateralen und longitudinalen Stofftransport und die Stofftransformation. Dabei stand die Frage im Zentrum, wie die Relevanz dieser Prozesse für das Management auf der Einzugsgebietsskala bestimmt werden kann. Die Bedeutung der einzelnen Landschaftskompartimente richtet sich nach dem betrachteten Parameter (Q, N, P, Sedimente), der transportierten Frachtmenge sowie unterschiedlichen Einzugsgebietscharakteristika. Es wurde auf die Notwendigkeit der Quantifizierung von Daten- und Modellunsicherheiten hingewiesen, die Wahl einer adäquaten Modellkomplexität für die jeweils zu beantwortende Frage sowie die Vertiefung des Prozesswissens auf unterschiedlichen Skalen. Die Gruppe schlug vor, als Grundlage für die Arbeit in diesem Kontext einen Review-Artikel zu erarbeiten und zu publizieren.

Workshop 3: Nährstoff- und Schadstoffflüsse an der Grundwasser-Oberflächengewässer-Grenze: Chancen und Herausforderungen

Vor dem Hintergrund seines in Session 6 gehaltenen Vortrages schlug Philippe Van Cappellen, Universität Waterloo, eine „Community-Aktivität“ zur Untersuchung der Rolle des Grundwasser-Oberflächengewässer-Interstitials für die Gewässerqualität im Einzugsgebiet vor. Diese soll auf einer Analyse deren spezifischer Charakteristika, Prozesse und Funktionen sowie der Regionalisierung dieser basieren. Die Gruppe stellte ein Programm zur Bearbeitung von Arbeitshypothesen auf. Zu diesen gehören: 1) Die GW-OW-Grenze stellt eine Pufferzone für die Effekte anthropogener Stressoren auf die Ökologie dar. 2) Die biogeochemischen

Strukturen und Funktionen der GW-OW-Grenze entwickeln sich in Wechselwirkung mit Änderungen in der Landschaft. 3) Die Pufferkapazität von GW-OW-Interaktionen für menschliche Einflüsse ist begrenzt. Jenseits dieses biogeochemischen Schwellenwertes („tipping point“) werden Wasserqualität und Ökosysteme irreversibel degradiert. 4) Die räumlich-zeitliche Heterogenität der GW-OW-Grenze ist für die biogeochemische Funktionalität essentiell. Das im Workshop entwickelte Arbeitsprogramm beschreibt die wissenschaftlichen Ziele und baut auf den drei Säulen Feld- und Laborexperimente, Monitoring und Modellierung auf.

Workshop 4: Stoffflüsse in Flusssystemen und ihre Marker

Obwohl zur Bestimmung der Stoffflüsse lediglich Durchfluss und Konzentration multipliziert werden müssen, bereiten die Messunsicherheiten der zeitlich und räumlich stark variablen Durchflüsse und Konzentrationen sowie die Bestimmung der vielen unterschiedlichen Quellen weiterhin Probleme. Auch aufgrund von physikalischen und biogeochemischen Wechselwirkungen innerhalb des Flusssystems bleibt die genaue Bestimmung der Stoffflüsse eine Herausforderung. Johannes Barth, Universität Erlangen, stellt vor diesem Hintergrund die Analyse der stabilen Isotope in einem interdisziplinären Kontext zur Charakterisierung und Quantifizierung von Stoffflüssen auf Einzugsgebietsebene zur Diskussion. Zu den wichtigsten angesprochenen Punkten gehören die Notwendigkeit von Langzeit-Datenreihen zur Reduzierung von Unsicherheiten, die Bestimmung von Quellen und Senken, eine verbesserte Abflussmessung durch ADCP oder Tracer, die Untersuchung der Rolle der Biologie für die Stoffkreisläufe und Stoffmobilisierung sowie die Interaktionen zwischen gelösten und partikulären Stoffen. Im Kontext der Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie sieht die Gruppe wesentliche offene Fragen in der Bestimmung von Transportwegen und der unterschiedlichen Zeitskalen des spezifischen Stofftransports, wofür der vermehrte Einsatz von Isotopenmessungen einen wesentlichen Gewinn bringen würde.

Workshop 5: Praktische Aspekte für eine Hydrologische Benchmarking-Initiative

Die Gruppe, geleitet durch Jesus Carrera, CSIC, und Wolfram Mauser, LMU, hielt fest, dass die Benchmarking-Initiative sich auf die Untersuchung existierender, integrierter Modelle konzentrieren und dabei die Komponenten der verschiedenen Modellsysteme sowie die Art der Kompartimente-Kopplung vergleichen soll. Der Modellvergleich soll dabei auf drei Ebenen stattfinden: 1) Gut durchdachte Teststudien/Problemstellungen für die einzelnen Komponenten; 2) Reale Systeme und Daten; 3) Hochskalierung auf die regionale Ebene für unterschiedliche Klimazonen. Qualitätskriterien sollen entwickelt und für alle Benchmarking-Untersuchungen standardisiert werden. Die Bedarfe unterschiedlicher Akteure sollen in die Untersuchungen einbezogen werden. Zunächst müssten geeignete Teststandorte ausgewählt werden. Nach der Auswertung sollen die Modellergebnisse dann auf der Basis der räumlichen Skala und der Klimazone verglichen werden. Neben der Modellierung der Wasserflüsse soll in einem nächsten Schritt auch die Wasserqualität einbezogen werden, wofür die Frage der Datenverfügbarkeit zu klären ist. Die Benchmarking-Initiative soll als offener, transparenter Prozess durchgeführt werden, der auf andere Modellsysteme sowie andere Teststandorte übertragen werden kann.

Workshop 6: Chemische und nicht-chemische Stressoren in aquatischen Ökosystemen

Aufgrund der Feststellung, dass die Zahl der Stressoren auf aquatische Ökosysteme in den vergangenen Jahrzehnten deutlich zugenommen hat und die Interaktion verschiedener Stressoren zu multiplen Effekten und Wechselwirkungen führt, die den Druck auf die Funktionen der aquatischen Ökologie massiv verstärkt, sind neue Ansätze erforderlich, die zu einem verbesserten Verständnis der Effekte und zur Wahl adäquater Restaurierungsmaßnahmen führen. Vor diesem Hintergrund diskutierte die Gruppe, geleitet von Dietrich Borchardt, Werner Brack, Matthias Liess, Mechthild Schmitt-Jansen, UFZ u.a., die Herausforderungen für Monitoring und Modellierung. Dazu gehören 1) Die Identifikation komplexer Kontaminationen und Schlüsselstressoren für bestimmte Spezies und Prozesse von der lokalen bis zur Einzugsgebietskala, 2) die Diagnose direkter und indirekter Effekte chemischer und nicht-chemischer Stressoren sowie deren Interaktionen, 3) der Transfer von (öko-)toxikologischen Konzepten auf Situationen multipler Stressoren, 4) das Verständnis von Expositionsmustern („effektive“ zeitliche und räumliche Skalen), 5) Prognose von kombinierten Effekten multipler Stressoren und die Auswirkungen von Minderungsmaßnahmen auf unterschiedlichen Skalen. Zur integrierten Analyse der Effekte von Stressoren auf die Ökologie bleibt zu beantworten, wie angemessene neue Konzepte aufgebaut sein müssen, die den oben genannten Herausforderungen gerecht werden; wie eine optimale Teststudie und innovative Experimente aussehen könnten, die alle relevanten Charakteristika aufweisen und wie entsprechende diagnostische und prognostische Modelle aufgebaut sein müssen.

Workshop 7: Kohlenstoffdynamiken in gekoppelten aquatisch-terrestrischen Ökosystemen

Sabine Hilt, IGB, und Karsten Rinke, UFZ, initiierten einen Workshop zur besonderen Rolle der Binnengewässer für den globalen Kohlenstoffkreislauf. Trotz des geringen Anteils von Binnengewässern an der Gesamtoberfläche der Erde haben sich diese über die letzten Jahre durch einen steigenden Trend der Flüsse von gelöstem organischem Kohlenstoff (DOC) aus der terrestrischen Umwelt in die Oberflächengewässer als wichtiger Bestandteil im globalen C-Kreislauf herausgestellt. Trotz der Erkenntnis, dass Binnengewässer große Mengen organischen Kohlenstoffs (OC) speichern und mineralisieren, sind die Verbindungen und Interaktionen zwischen terrestrischen und aquatischen Ökosystemen bezüglich der C-Dynamiken weiterhin unbekannt. Neben der Bedeutung für den globalen C-Kreislauf spielen die steigenden DOC-Konzentrationen in Oberflächengewässern für die Wasserwirtschaft eine wichtige Rolle, da sie einen erheblichen technischen wie finanziellen Aufwand für die Wasseraufbereitung verursachen. Die Diskussionen machten die Notwendigkeit für eine deutschlandweite Plattform für koordinierte Forschung zu den Themen „DOC-Dynamik in gekoppelten aquatisch-terrestrischen Systemen“, „Die Rolle des DOC für die Funktionen und Struktur aquatischer Ökosysteme“, „Bedeutung von DOC für die Qualität der Wasserressourcen“ deutlich. Die Kopplung von DOC mit DON-Messungen sowie die Bestimmung der Bedeutung von Auenbereichen für den C-Transport (POC und DOC) aus dem Einzugsgebiet in das aquatische System wurde für wichtig erachtet. Auch wurde auf den Bedarf für großflä-

chige Experimente und Monitoring und für interdisziplinäre Projekte hingewiesen, um die genannten Herausforderungen bearbeiten zu können.

Workshop 8: Fernerkundung für die Untersuchung regionaler Wasserressourcen

Uwe Meyer, Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR), leitete einen Workshop zu den verschiedenen, für hydrologische Fragen relevanten Fernerkundungsmethoden. Im Fokus standen die Möglichkeiten zur Erstellung von 3D-Modellen des oberflächennahen Untergrundes für eine bessere Analyse der Wasserressourcen in Einzugsgebieten. Meyer bezog sich auf Ergebnisse aus verschiedenen Projekten (Untersuchung der Salzwasserintrusion entlang der Nordseeküste, CLIWAT, AIDA), die die technischen Möglichkeiten für ihre Untersuchungen nutzten, die von der Radiometrie (Bodencharakterisierung), Laser-Altimetrie (Vegetationshöhen), Laser-Scanning (präzise Topographie und Landschaftscharakteristika), Fotogrammetrie und Infrarot-Kamerasysteme (Oberflächentemperaturen, Fließmuster an der Oberfläche) über Elektromagnetik bis hin zu luftgestützter Gravimetrie und Magnetik (Geophysik) reichen. In der Diskussion wurde der Bedarf für die Bestimmung der Bodenfeuchte durch verschiedene physikalische Messungen (Mikrowellradar, Radiometrie, optische Reflektion, Oberflächentemperatur) deutlich. Von Interesse ist die Nutzung der Fernerkundungstechnologien außerdem für die Untersuchung der Interaktionen zwischen Oberflächen- und geologischen Strukturen mit dem Flusssystem, das an vorhandenen Referenzsystemen (z.B. TERENO-Standorte) getestet werden sollte.

Ausblick

Die Open-Space-Workshops sollen ein erster Schritt zur Entwicklung von Projekten im Rahmen der im White Paper der Water Science Alliance beschriebenen Herausforderungen sein. Im Anschluss an die Konferenz sind nun die interessierten Wissenschaftler und Praxisakteure in Zusammenarbeit mit Behörden und Verbändevertretern gefragt, die Ideen bis zur Projektreife zu bringen. Als „Facilitator“ der Water Science Alliance steht das UFZ hierbei unterstützend zur Seite. Zeitgleich beginnen die Planungen für die 3. Water Research Horizon Conference, die vom 11.–12. Juli 2012 im Berliner Umweltforum stattfinden wird. Im nächsten Jahr stehen die beiden Themenbereiche „Wassermanagement jenseits des klassischen IWRM-Ansatzes“ und „Neue Konzepte für Monitoring, Erkundung und Datenassimilation in der Wasserforschung“ im Fokus.

Alle Vorträge der Konferenz, die Ergebnisse der Open-Space-Workshops und Kontaktdaten bei Interesse an der Mitarbeit an einem der Workshop-Themen finden Sie auf der Konferenz-Webseite: www.water-research-horizon.ufz.de.

Anschrift der Verfasserin:

Elisabeth Krüger
Koordination Wasserforschung
Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ
Permoserstr. 15, 04318 Leipzig
Elisabeth.krueger@ufz.de