

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/320617540>

LAWA-Empfehlung zur Klassifizierung des Wasserhaushalts von Einzugsgebieten und Wasserkörpern als hydromorphologische Qualitätskomponentengruppe nach WRRL – Grundlagen und Praxisan...

Conference Paper · March 2016

CITATIONS

3

READS

123

4 authors:



Dietmar Mehl

biota - Institut für ökologische Forschung und Planung GmbH

222 PUBLICATIONS 266 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



Tim G. Hoffmann

biota - Institut für ökologische Forschung und Planung GmbH

81 PUBLICATIONS 117 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



Christoph Linnenweber

Landesamt für Umwelt Rheinland-Pfalz

15 PUBLICATIONS 14 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



Eckhard Kohlhas

Ministerium für Landwirtschaft und Umwelt Mecklenburg-Vorpommern

6 PUBLICATIONS 9 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



KOGGE: Kommunale Gewässer gemeinschaftlich entwickeln [View project](#)



Rural developpment [View project](#)



Tag der Hydrologie

Koblenz 2016

Wasserressourcen

Wissen in Flussgebieten vernetzen

Abstractband – TdH 2016



© Henry Tornow



Inhaltsverzeichnis

Wasserhaushaltsmodellierung von Einzugsgebieten im Norddeutschen Tiefland zur Abschätzung der Einflussnahme des Energieholzanbaus im Kurzumtrieb <i>Jens Hartwich, Jens Bölscher, Christian Reinhardt-Imjela, Achim Schulte, Markus Schmidt, Dieter Murach</i>	10
Wassertransfer und Speicherung in Karstgebieten – Analyse aus den Basisabflüssen <i>Hartmut Wittenberg, Ebru Eriş</i>	11
Mehrbild-Photogrammetrie als Werkzeug zur Erstellung von digitalen Oberflächenmodellen – Auswertung eines Deichbruchs anhand von UAV-Videoaufnahmen <i>Jens Brauneck, Robert Jüpner, Reinhard Pohl</i>	12
Bilanz der Feinsedimente entlang des Rheins - von der Quelle bis zur Mündung <i>Gudrun Hillebrand, Thomas Hoffmann</i>	13
Adjungierte Modellierung zur Quantifizierung der Gewässer-Morphologie-Bauwerksinteraktionen <i>Uwe Merkel</i>	14
Optimierung der Niederschlags-Abfluss-Modellierung für städtische Hochwasservorwarnsysteme durch Einsatz von Ensemble Radar Nowcasts <i>Sandra Hellmers, Alexander Strehz, Nina Leese, Thomas Einfalt, Peter Fröhle</i>	15
The response of solute export and source to variations of discharge in small catchments <i>Marie Küßner, Julien Bouchez, Jean-François Didon-Lescot, Jean-Marc Domergue, Nadine Grard</i> ,	16
Hydrological stressors within the Adige catchment (North-East Italy) <i>Gabriele Chiogna, Alberto Bellin, Bruno Majone, Karina Cano Paoli, Elena Diamantini, Elisa Stella, Stefano Mallucci, Ye Tuo, Markus Disse</i>	17
Einfluss von Extremereignissen auf die Qualität der Sedimente und Schwebstoffe im Elbeästuar <i>Carmen Kleisinger, Holger Haase, Birgit Schubert</i>	18
Vergleich von Geräten zur Schwebstoffgewinnung für das chemische Schwebstoffmonitoring <i>Thorsten Pohlert, Sabine Keßler, Reinhard Bierl, Vera Breitung</i>	19
Aus der Vergangenheit lernen, für die Zukunft vorbereitet sein- 10 Jahre hydrodynamische Abflussmodellierung der BfG zur Verbesserung hydrologischer Grundlagen an der Binnenelbe <i>Norbert Busch, Marcus Hatz, Matthias Hammer, Markus Promny</i>	20
Der Dürremonitor – Aktuelle Information zur Bodenfeuchte in Deutschland <i>Andreas Marx, Luis Samaniego, Rohini Kumar, Stephan Thober, Juliane Mai, Matthias Zink</i>	21
Optimierung hydrometrischer Auswerteverfahren für Abflussmessungen <i>Fabian Netzel, Christoph Mudersbach, Marc Scheibel, Alexander Löcke</i>	22
Die Analyse der Fortpflanzung von Trockenwettersignalen mithilfe verschiedener Schwellenwertmethoden <i>Benedikt Heudorfer, Kerstin Stahl</i>	23
Tausalzverdünnung und -rückhalt – Modellberechnungen <i>Christopherus Braun, Sebastian Rubbert</i>	24
Synthese von Praxiserfahrung und Modelloptimierung als Grundlage eines verbesserten Talsperrenbetriebes <i>Alexander Rötz, Christian Bouillon, Stephan Theobald, Jochen Hohenrainer, Anna-Dorothea Ebner von Eschenbach</i>	25

Noah, Joseph und die langen Abflusszeitreihen oder die Persistenz-Analyse hydro-meteorologischer Zeitreihen <i>Ulrich Barjenbruch</i>	26
Hydrologische Ökosystemleistungen zur Lösung von Spital Fit und Institutional Interplay im integrierten Wasserressourcenmanagement <i>Jochen Hack</i>	27
Human-water interactions in Myanmar’s river basins under climate change <i>Linda Taft, Mariele Evers</i>	28
Hydrologische Prozessforschung in Luxemburg: Die Rolle der Uferzone in einem kleinen bewaldeten Einzugsgebiet <i>Julian Klaus, Barbara Glaser, Núria Martínez-Carreras, Laurent Pfister, Michael Schwab</i>	29
Konfigurierbare Apps zur Erfassung und Darstellung wasserwirtschaftlicher und wasserbaulicher Daten <i>Stefan Weinberger</i>	30
Nutzungskonflikte bei zukünftigen Niedrigwasserzuständen - Analyse und Ableitung von Handlungsempfehlungen an den Beispielen Murg und Kocher <i>Florian Zeitler, Markus Dotterweich, Benno Rothstein</i>	31
Statistische Modellierung von Niedrigwasserkenngößen auf Basis von Trockenwetterindizes <i>Anne Fangmann, Uwe Haberlandt</i>	32
Ökohydrologische Modellierung eines tidebeeinflussten Einzugsgebietes unter starker anthropogener Nutzung in den sommerfeuchten Tropen <i>Malte Lorenz, Stephanie Zeunert, Günter Meon</i>	33
Bestimmung des langfristigen DOC- und Nitrataustrags aus einem kleinen Einzugsgebiet mit hochaufgelöster UV-Vis Spektrometrie_ <i>Michael Schwab, Julian Klaus, Laurent Pfister, Markus Weiler</i>	34
Raum- und Zeitmuster der Nitrat- und Ionenkonzentrationen in der Übergangszone zwischen Fluss und Grundwasser <i>Nico Trauth, Andreas Musolff, Jan H. Fleckenstein</i>	35
Ableitung zeitlich hoch aufgelöster Niederschlagszeitreihen aus RADOLAN-Niederschlagsdaten <i>Andreas Steinbrich, Markus Weiler</i>	36
Entwicklung einer wahrscheinlichkeitsbasierten Mittelfristvorhersage für die Rheinschifffahrt <i>Bastian Klein, Dennis Meißner, Stephan Hemri, Silke Rademacher</i>	37
Saisonale Abfluss- und Wasserstandsprognosen für die Bundeswasserstraßen – Entwicklung neuer Vorhersageprodukte für die Binnenschifffahrt <i>Dennis Meißner, Bastian Klein, Monica Ionita, Silke Rademacher</i>	38
LAWA-Empfehlung zur Klassifizierung des Wasserhaushalts von Einzugsgebieten und Wasserkörpern als hydromorphologische Qualitätskomponente gemäß WRRL – Grundlagen und Praxisanwendung <i>Dietmar Mehl, Tim G. Hoffmann, Christoph Linnenweber, Eckhard Kohlhas</i>	39
Oberflächenwasser/Grundwasser-Interaktion – ein zentrales Element der Schweizer Wasserwirtschaft <i>Ronald Kozel, Marc Schürch, Michael Sinreich</i>	40
Merging von Radar- und Stationsniederschlägen für unterschiedliche zeitliche Auflösungen und Messnetzdichten <i>Christian Berndt, Ehsan Rabiei, Uwe Haberlandt</i>	41
Anwendungsbeispiele für quadrokopterbasierte Messungen von Oberflächengeschwindigkeiten an Fließgewässern <i>Martin Detert, Volker Weitbrecht</i>	42

Saisonale Vorhersage von Wasserhaushaltskomponenten in einem alpinen Einzugsgebiet – Wissenschaftliche Spielerei oder praxistaugliches Werkzeug? <i>Kristian Förster, Florian Hanzer, Johannes Schöber, Matthias Huttenlau, Stefan Achleitner, Ulrich Strasser</i>	43
Sind Sölle autonome limnische Systeme oder Grundwasserblänken? <i>Christoph Merz, Gunnar Lischeid, Jörg Steidl, Thomas Kalettka</i>	44
Wechselwirkungen von abiotischen Faktoren und Phytoplanktongemeinschaften im Einzugsgebiet der Treene, Norddeutschland <i>Yueming Qu, Kriste Makareviciute, Naicheng Wu, Björn Guse, Marcelo Haas, Nicola Fohrer</i>	45
Begründung „weniger strenger Umweltziele“ nach EG-WRRRL: Praktische Anwendung des Verfahrens „neuer Leipziger Ansatz“ auf eine Fallstudie in Tschechien <i>Katja Sigel, Jan Machac, Bernd Klauer</i>	46
Passive hyporheic flux meter - measuring nitrate flux to the reactive sites in the river bed <i>Julia Vanessa Kunz, Michael Annable, Michael Rode, Dietrich Borchardt</i>	47
Mobile Gewässerstrukturkartierungen <i>Norman Goebel</i>	48
Gewässerinformationen transdisziplinär analysieren mit der Software Dive4Elements River <i>Tom Gottfried, Sascha L. Teichmann, Bernhard Reiter</i>	49
Organischer Stickstoff in Fließgewässern – eine lang unterschätzte Komponente in der Stickstoffbilanz <i>Lutz Breuer</i>	50
Wasserbeschaffenheit beim Niedrigwasser der Elbe 2015 – Monitoring, Ergebnisse und historischer Vergleich <i>Gerd Hübner, Daniel Schwandt</i>	51
Entwicklung von Abflüssen und Wasserständen in Gewässern im östlichen und südlichen Afrika <i>Meike Pendo Schäfer, Ottfried Dietrich</i>	52
Smart Data in der Hydrologie: Neue diagnostische Werkzeuge <i>Gunnar Lischeid, Thomas Kalettka, Christoph Merz, Jörg Steidl</i>	53
Starkniederschlagsrelevante Wetterlagen und Zugbahnen von Tiefdruckgebieten <i>Michael Hofstätter, Jucundus Jacobeit, Markus Homann, Annemarie Lexer, Andreas Philipp, Barbara Chimani, Christoph Beck, Manfred Ganekind</i>	54
Wirkung eines früheren Vegetationsbeginns auf den Wasserhaushalt von Waldstandorten <i>Marco Natkhin, Jürgen Müller, Constanze Richter</i>	55
Webbasierte Verfügbarkeit von regionalisierten Abflusskenngrößen in Sachsen <i>Björn Fischer, Karin Kuhn, Uwe Büttner</i>	56
Abflussbildung, Schneedynamik und photosynthetische Aktivität in subalpinen Höhenlagen: Instrumentierung und Analyse für den Dreisäulerbach in den Ammergauer Alpen <i>Wolfgang Rieger, Matthias Kopp, Jakob Garvelmann, Birgitta Putzenlechner, Benjamin Fersch, Markus Disse, Harald Kunstmann, Ralf Ludwig</i>	57
Das Extremhochwasser 2013 im Einzugsgebiet der Weißen Elster - Steuerung und Rückhalt im Großraum Leipzig <i>Stefan Jentsch, Petra Walther, Ulf Winkler, Axel Bobbe</i>	58
Ereignisanalyse zum Hochwasser im Juni 2013 in Sachsen <i>Petra Walther, Evelin Bohn, Stephan Gerber, Peter Wundrak, Uwe Müller</i>	59

Modellierung des Kohlenstoff- und Stickstoffhaushaltes unter Sommerweizen mit verschiedenen Mineraldüngungs- und Bodenbearbeitungsvarianten im Westsibirischen Getreidegürtel <i>Anne Krischker, Yvonne Conrad, Britta Schmalz, Nicola Fohrer</i>	60
SenTHIS - Sentinels für Thüringer Informationssysteme <i>Sandra Naue, Peter Krause</i>	61
Berücksichtigung von Kläranlageneinflüssen bei der Regionalisierung von Mittel- und Niedrigwasserkennwerten für Baden-Württemberg <i>Joachim Liebert, Jürgen Ihringer, Patrick Preuß, Ingo Haag</i>	62
Integrale Datenhaltung im Bereich Wasser der Schweiz <i>Markus Künzi</i>	63
Klimaanpassung durch Stärkung des Wasser- und Bodenrückhalts in Außenbereichen (KliStaR) <i>Jessica Kempf, Norbert Billen, André Assmann, Heike Puhlmann, Klaus von Wilpert</i>	64
Der Flusshydrologische Fachdienst FLYS der BfG – gewässerkundlicher Service aus der Forschung trifft softwareimplementiertes Praxiswissen <i>Doreen Faltis, Marcus Hatz, Norbert Busch, Stefan Vollmer</i>	65
Messdatenmanagementsystem (MDMS): Beherrschung zeitbezogener Massendaten <i>Gerhard Langstädtler</i>	66
Ansteigende Konzentrationen gelöster organischer Substanz in deutschen Mittelgebirgsbächen: Problemanalyse mit Hilfe von Generalised Additive Models <i>Benny Selle, Andreas Musolff, Jörg Tittel</i>	67
Das neue Hochwasserinformations- und -managementsystem in Sachsen <i>Uwe Müller, Andy Philipp, Rene Härta</i>	68
Zur Abschätzung von Hochwasserabflüssen an unbepegelten Gewässermündungen im deutschen Mittelgebirgsraum <i>Jens Bender, Jürgen Jensen</i>	69
drought.ch: Beschreibung der Bewältigung des Hitzesommers 2015 in der Schweiz <i>Luzi Bernhard, Konrad Bogner, Massimiliano Zappa, Manfred Stähli</i>	70
Das integrale Signal des Abflusses überwinden – Warum Sensitivitätsanalysen auf verschiedene hydrologische Größen zu einem besseren Prozessverständnis führen <i>Björn Guse, Matthias Pfannerstill, Nicola Fohrer, Hoshin Gupta</i>	71
Auswirkungen der Trockenheit 2015 auf den Bodenwasserhaushalt von Waldstandorten in Nordwestdeutschland <i>Johannes Suttmöller, Henning Meesenburg, Jan Evers</i>	72
Wie können die Nitratprozesse in Modellen besser abgebildet werden? <i>Marcelo Haas, Björn Guse, Matthias Pfannerstill, Nicola Fohrer</i>	73
Ortsaufgelöste Messung der Wasseroberflächentemperatur an der Hahnöfer Nebelalpe mit einem Tragschrauber <i>Jens Bongartz, Alexander Jenal, Caspar Kneer, Immanuel Weber, Björn Baschek, Katharina Fricke, Jens Wyrwa, Andreas Schöl</i>	74
Kleinräumige Hochwasserfrühwarnung im Lichte operationeller Anforderungen: Chancen und Grenzen bezüglich Nutzeransprüchen, Antriebsdaten sowie hydrologischer Modellansätze <i>Andy Philipp, Florian Kerl, Uwe Müller</i>	75
Sicherstellung der Entwässerung küstennaher, urbaner Räume unter Berücksichtigung des Klimawandels - Stuck <i>Heiko Westphal, Fred Hesser, Sarah Gennis, Matthias Strauer, Gabriele Gönnert</i>	76

Grenzüberschreitende Modellierung von Stoffeinträgen im Einzugsgebiet des Inn <i>Steffen Kittlaus, Lucas Reid, Stephan Fuchs</i>	77
Analyse zukünftiger Landnutzungsänderungen und regionaler Wasserverfügbarkeit im Südwesten Nicaraguas in Folge des Baus des Nicaraguakanals <i>Jochen Hack, Andrea Muñoz Ardila, Angela Rebscher</i>	78
Entwicklung einer Methode zur GIS-basierten Abschätzung mittlerer Abflüsse für Einzugsgebiete mit schwacher Datengrundlage <i>Angela Rebscher, Jochen Hack, Andrea Muñoz Ardila, Tim Hirth</i>	79
Anpassung der Schmutzfrachtsimulation an die Anforderungen immissionsorientierter Gewässergütemodellierung <i>Michael Kissel, Jochen Hack</i>	80
Oszillation eines See-Einzugsgebietes <i>Christian Lehr, Franziska Pöschke, Gunnar Nützmann, Gunna Lischeid</i>	81
Modellierung der zeitlich variablen Verzahnung zwischen Standgewässer und Grundwasser <i>Jörg Steidl, Steffen Gliège, Gunna Lischeid, Christoph Merz</i>	82
Methoden der Eventgenerierung in einem probabilistischen Modell zur Analyse des räumlich differenzierten Hochwasserrisikos <i>Benjamin Winter, Klaus Schneeberger, Matthias Huttenlau, Kristian Förster, Johann Stötter</i>	83
Wasserhaushalt und Salzdynamik eines küstennahen Niedermooses im Grenzbereich zwischen Binnenland und Ostsee unter sich verändernden Bedingungen <i>Konrad Miegel, Benny Selle, Thomas Gräff, Thomas Salzmann, Sascha Oswald, Axel Bronstert</i>	84
Zukünftiger Anstieg der Nitratkonzentrationen unter Wald im norddeutschen Tiefland: Droht Stickstoff-Eutrophierung durch Klimawandel? <i>Stefan Fleck, Bernd Ahrends, Johannes Suttmöller, Hilmar Messal, Ralph Meissner, Henning Meesenburg</i>	85
Modellierung des Wasser- und Salzhaushalts einer Küstenregion unter dem Einfluss des Klimawandels und der Berücksichtigung verschiedener Landnutzungsstrategien <i>Thomas Gräff, Stefan Krause, Axel Bronstert, Sascha Oswald, Loes van Schaik, Anett Schibalski, Martin Maier, Julius Eberhard</i>	86
Das Immissionsprinzip im Gewässerschutz - Herausforderungen für Forschung und Praxis <i>Michael Bach, Markus Funke, Ralf Mehler</i>	87
Vergleich unterschiedlicher Methoden zur Identifizierung erosionsgefährdeter Flächen in einem kleinen subalpinen Einzugsgebiet <i>Maria Kaiser, Florian Winter, Wolfgang Rieger</i>	88
Ganzheitliche Perspektive auf natürliche Wasserflüsse, Stoffhaushalt und Wassernutzungen in Deutschland <i>Jesko Hirschfeld</i>	89
Berechnung von räumlich verteilten täglichen Temperaturen aus rekonstruierten MODIS Satellitendaten <i>Michaela Kahl</i>	90
Untersuchungen zum Wasser- und Stoffhaushalt potentieller Hangmoorstandorte im Nationalpark Hunsrück-Hochwald <i>Julian Zemke, Dieter König, Michael Tempel, Jörn Schultheiß</i>	91
Starkregengefährdung in Baden-Württemberg – von der Methodenentwicklung zur Starkregenkartierung <i>Michael Stölzle, Andreas Steinbrich, Markus Weiler</i>	92
Bewusstseinsbildung für die Gefahren durch unterirdisches Hochwasser <i>Christiane Pyka</i>	93

Der Mensch im Wasserhaushalt in Mitteleuropa: Daten, Skalen, Proxys <i>Malte Knoche, Anna-Dorothea Ebner von Eschenbach, Jochen Hohenrainer, Christina Maus, Enno Nilson</i>	94
Flüsse ohne Grenzen - Ein geodätischer Beitrag zur Vergleichbarkeit von Wasserständen <i>Astrid Sudau</i>	95
Räumliche Erfassung hydrologischer Extremereignisse mittels Fernerkundungstechniken – Status quo und Perspektiven <i>Martin Sauerbier, Herbert Brockmann</i>	96
Hydrologische Modellierung auf der Mesoskala mit Nutzung von Grundwassermessungen und satellitenbasierten Bodenfeuchtedaten sowie einer effizienten Parameterschätzung <i>Phillip Kreye, Günter Meon</i>	97
Abschätzung der Auswirkungen des Klimawandels auf die Niedrigwasserabflüsse im Einzugsgebiet von Mangfall und Attel <i>Benjamin Kopp, Jörg Neumann, Beate Klöcking</i>	98
Stärkung der Vorsorge vor Starkregen-bedingten Überschwemmungen – Erfahrungen aus der Praxis am Beispiel der Stadt Lübeck <i>Thomas Einfalt, Inga Frerk, Matthias Grottker, Sebastian Schlauß, Barbara Schäfers</i>	99
Modellierung des Nährstoffhaushalts von Elbe und Rhein mit dem Gewässergütemodell QSim <i>Tanja Bergfeld-Wiedemann, Paulin Hardenbicker, Birte Hein, Volker Kirchesch, Stephanie Ritz, Carsten Viergutz, Helmut Fischer</i>	100
Nutzung innovativer Datenprodukte zu Monitoring und Modellierung des Wasserhaushalts <i>Peer Helmke, Klaus Görgen, Sebastian Knist, Peter Krahe, Enno Nilson</i>	101
GEMStat – Das globale Datenportal für die Wasserqualität <i>Philipp Saile, Roland Funke</i>	102
Modellbasierte Quantifizierung der Abflussanteile aus Regen, Schnee- und Gletscherschmelze im Rheineinzugsgebiet im Zeitraum von 1901 bis 2006 <i>Kai Gerlinger, Mario Böhm, Kerstin Stahl, Markus Weiler, Irene Kohn, Daphné Freudiger, Jan Seibert, Marc Vis</i>	103
Grenzüberschreitende Stoffströme verringern helfen - Abbau von abwasserbürtigen Spurenstoffen in einem wiedervernässten Niedermoor <i>Dagmar Balla, Sebastian Maaßen</i>	104
Abschätzung des Bedarfs der Verwendung von behandeltem Abwasser für die landwirtschaftliche Bewässerung <i>Sebastian Maaßen, Dagmar Balla</i>	105
Constraining the long-term hydrological modelling of the glaciated headwater catchments of the River Rhine <i>Irene Kohn, Marc Vis, Daphné Freudiger, Jan Seibert, Markus Weiler, Kerstin Stahl</i>	106
Großräumige Hydrologische Modellierung und Decision Support System für eine nachhaltige Wasserverteilung im ariden Nordwesten Chinas <i>Markus Disse, Andreas Brieden, Yang Yu, Philipp Huttner, Christian Rumbaour, Marie Hinnenthal</i>	107
Das Wasserhaushaltsportal Sachsen – Eine interaktive Web-Applikation zu möglichen Auswirkungen des Klimawandels auf den Wasserhaushalt in Sachsen <i>Robert Schwarze, Corina Hauffe, Werner Dröge, Patric Röhm, Niels Schütze</i>	108
Water-, nutritional- and economic productivity: indicators to evaluate agriculture land use in a water scarce region <i>Sebastian Multsch, Markus Pahlow, Thomas Michalik, Hans-Georg Frede, Lutz Breuer</i>	109
Hochwasser an der Saale - Rhythmus, Talsperren und Statistik <i>Ralf Haupt, Claudia Pfannschmidt, Franziska Halbing, Markus Wolf</i>	110

Nachhaltiger Gewässer- und Bodenschutz - Stoffkreisläufe am administrativen Scheideweg? <i>Hans-Jürgen Ulonska</i>	111
Frameworks for participatory Water resources and Flood risk management <i>Adrian Almoradie, Mariele Evers</i>	112
Warnungen des Bundesamts für Umwelt (BAFU) vor Hochwasser <i>David Volken</i>	113
Risikoabschätzung und Risikokommunikation im Hochwassermeldedienst Rheinland-Pfalz <i>Margret Johst, Norbert Demuth, Andreas Meuser</i>	114
Webanwendung für sachsenweite Wasserhaushaltsberechnungen für vordefinierte und nutzerspezifische Klimaszenarien <i>Corina Hauffe, Patric Röhm, Anastasia Gurov, Robert Schwarze, Niels Schütze</i>	115
Das Projekt "W-Q-Elbe 1890" - Grundlage für eine Neubewertung der Hochwassersituation an der Elbe <i>Martin Helms, Jürgen Ihringer, Jörg Belz</i>	116
A combined dataset of glacier outlines from digitized historical maps and remote sensing and its application in hydrology <i>Daphné Freudiger, Markus Weiler, Irene Kohn, Kerstin Stahl</i>	117
Verfahren zur Untersuchung und Bewertung hydromorphologischer Verhältnisse großer und schiffbarer Oberflächengewässer in Deutschland <i>Ina Quick</i>	118
Comparison of a simple distributed sediment delivery approach with a process based model in selected sub-basins of the River Inn catchment area <i>Lucas Reid, Steffen Kittlaus, Ulrike Scherer</i> ..	119
Bewässerungsatlanten: ein Werkzeug für die Planung effizienterer Bewässerungsanlagen <i>Issam Khaddam, Niels Schütze</i>	120
Trockenperiode 2015: Verknüpfung von Trockenheitsindikatoren mit berichteten Auswirkungen durch Trockenheit <i>Sophie Bachmair, Irene Kohn, Veit Blauhut, Kerstin Stahl</i>	121
Urbane Sturzfluten - Überflutungsvorsorge im ländlichen Raum <i>André Müller</i>	122
Ableitung allgemein gültiger Modellparameter zur Modellierung der Interzeptionsverdunstung von Waldbeständen mit dem forsthydrologischen Modell LWF-Brook90 <i>Paul Schmidt-Walter, Wendelin Weis, Heike Puhlmann, Birte Scheler, Stefan Fleck, Bernd Ahrends, Henning Meesenburg</i>	123
Integration von Ökosystemleistungen im Flussgebiets- und Hochwasserrisikomanagement – Potenziale, Methoden und Herausforderungen <i>Mariele Evers</i>	124
Die Bewertung der globalen Wasserqualität – das Potenzial einer daten- und modellgetriebenen Analyse <i>Ilona Bärlund, Martina Flörke, Joseph Alcamo, Jeanette Völker, Marcus Malsy, Klara Reder, Olaf Büttner, Christiane Katterfeld, Desirée Dietrich, Dietrich Borchardt</i>	125
Simulation des klimawandelbeeinflussten Bodenwasserhaushaltes mit SWAP für Böden der Lysimeterstation Brandis <i>Axel Sauer</i>	126
Von der Messung und Datenerhebung zum Wissen und Entscheidungshilfe in der Hydrologie <i>Alexander Löcke</i>	127
Präzise 3D Positionierung <i>Frank Hinsche</i>	128
gapIT: a user-driven case-based reasoning tool for infilling missing values in daily mean river flow records <i>Laura Giustarini, Olivier Parisot, Mohammad Ghoniem, Renaud Hostache, Ivonne Trebs, Benoît Otjacques</i>	129

Wasserhaushaltsmodellierung von Einzugsgebieten im Norddeutschen Tiefland zur Abschätzung der Einflussnahme des Energieholzanbaus im Kurzumtrieb

Jens Hartwich, Jens Bölscher, Christian Reinhardt-Imjela, Achim Schulte, Markus Schmidt, Dieter Murach

Die Energiewende stellt die Nutzung von regenerativen Energieträgern wie beispielsweise Holz immer mehr in den Fokus. Längst ist dieser wichtige Energieträger für die umweltschonende Wärmeenergieerzeugung unverzichtbarer Bestandteil des Energiemixes, der darin unterstützt, den CO₂ Ausstoß zu minimieren und eine nachhaltige Energiewirtschaft zu schaffen. So ist die Nachfrage nach holzartiger Biomasse in den letzten Jahren immer weiter angestiegen und es lohnt sich inzwischen für Landwirte, neben den annualen Kulturen, auch mehrjährige schnellwachsende Baumarten auf ihren Flächen anzubauen. Hierbei handelt es sich häufig um Weiden oder Pappeln, die besonders hohe Wuchseleistungen erzielen. Diese Baumarten werden im sogenannten Kurzumtrieb angepflanzt, d.h. eine Beerntung der Flächen wird alle 3 bis 5 Jahre durchgeführt.

Jedoch legen verschiedene Studien den Schluss nahe, dass es auf Grund des hohen Wasserkonsums, verbunden mit der Phänologie der Gehölze, zu negativen Auswirkungen auf die Grundwasserneubildung und den Basisabfluss kommt. Im Forschungsprojekt AGENT wird dieser Forschungsfrage mit Hilfe einer Wasserhaushaltsmodellierung nachgegangen, wobei das Norddeutsche Tiefland mit einem besonders hohem Anbaupotenzial im Fokus steht. Um den Raum in seiner klimatischen wie auch morphologischen und bodenkundlichen Heterogenität abbilden zu können, wurden die Einzugsgebiete Ems, Treene, Ücker, Randow, Welse sowie der Aland für die Modellierung ausgewählt. Für die Wasserhaushaltsmodellierung wird SWAT verwendet, das sich besonders für die hydrologische Abbildung von groß- und mesoskaligen Flusseinzugsgebieten eignet. Es zeichnet sich darüber hinaus durch die Implementierbarkeit komplexer Landnutzungsszenarien aus.

Für alle Gebiete werden entsprechende Wasserhaushaltsmodelle für den Zeitraum vom 01.01.1990 bis 31.12.2013 erstellt und mittels SWAT-CUP automatisiert kalibriert. Hierbei zeigen sich in den einzelnen Modellen überwiegend gute bis sehr gute Übereinstimmungen mit den Abflusszeitreihen der Pegel. Die anschließend implementierten Landnutzungsszenarien, bei denen unterschiedliche Nutzungsanteile an Pappeln und Weiden untersucht werden, lassen den Einfluss der Kulturen deutlich werden. Anhand der Daten lässt sich ein Schwellenwert für den Flächenanteil von Kurzumtriebsplantagen ableiten, unterhalb dessen der Einfluss auf den Wasserhaushalt unwesentlich ist.

Wassertransfer und Speicherung in Karstgebieten – Analyse aus den Basisabflüssen

Hartmut Wittenberg, Ebru Eriş

Für die Wasserströme in den Grundwasserspeichern von Karstgebieten, durch Hohlräume, Höhlen und Brüche verschiedener Größen und in unbekannte Richtungen, sind die oberirdischen Grenzen der Einzugsgebiete von geringer Bedeutung. Oberflächenabflüsse versinken in Flussschwinden und ergießen sich aus Karstquellen in Nachbargebieten. Ein Beispiel in Deutschland ist der Wassertransfer von der Donauschwinde bei Immendingen zum Aachtopf im Rheineinzugsgebiet. In der Türkei stellen Karstaquifere ein Drittel des Wasser- und Wasserkraftpotentials. Zunehmende Bedeutung gewinnt dabei das größte Karstsystem im mittelmeeerischen Südanatolien. Dort erhält der Manavgat Fluss den größten Teil seiner Wasserführung von außerhalb seines Gebietes. Die Zuflüsse werden durch Karstwege übertragen und kommen als ein Basisabflussanteil an, der sich dem im Einzugsgebiet generierten überlagert. Alternativ zu früheren Untersuchungen mit chemischen und radioaktiven Tracern stützt sich daher diese Studie auf die Analyse der Basisabflüsse an drei Pegeln. Für die Zeitreihen täglicher Abflüsse 1992-2008 werden zunächst eine große Anzahl von Rückgangskurven, Trockenwetterganglinien untersucht. Die numerische Analyse ergibt für die drei Gebiete nichtlineare Speichervolumen-Ausfluss-Beziehungen der Form $S = a \cdot Q_b$. Die kalibrierten Werte b bewegen sich um 0,5 und weisen damit die Karstspeicher als vorwiegend ungespannte Grundwasser aus. Die Koeffizienten a unterliegen jahreszeitlichen sinusförmigen Schwankungen mit den höchsten Werten in der regnerischen Winterzeit und Rückgängen in den trockenen Sommern. Für Einzugsgebiete mit Karstwasserzustrom aus Nachbargebieten ist diese jahreszeitliche Schwankung verzögert. Die Abtrennung der Basisabflüsse von den Gesamtabflüssen mit dem nichtlinearen Speicheralgorithmus zeigt, dass die Größe der Direktabflüsse etwa der Fläche der Einzugsgebiete entspricht, während die weitaus höheren Basisabflüsse des Manavgat deutlich von Zuströmen aus karstigen Versinkungsflächen oder -löchern (Poljes oder Dolinen) außerhalb des oberirdischen Einzugsgebietes beeinflusst und durch die Wegstrecke verzögert sind. Die Abflussrückgänge sind langsamer, da mehr Wasser zur Verfügung steht. Die unterirdische Übertragung „Transfer“ wird durch einen Speicher-Routing-Algorithmus simuliert. Die Zeitreihen monatlicher Werte des Karstwasserzustroms (Speicherausfluss) werden dabei mit den Basisabflüssen der Nachbarpegel (Speicherzufluss) verglichen. Das Verfahren ermöglicht die Identifizierung der Herkunftsgebiete der Zuflüsse und die Schätzung der Retentions- oder Verzögerungszeit des Wassertransfers durch das Karstsystem, sowie der Speichervolumina.

Mehrbild-Photogrammetrie als Werkzeug zur Erstellung von digitalen Oberflächenmodellen – Auswertung eines Deichbruchs anhand von UAV-Videoaufnahmen

Jens Brauneck, Robert Jüpner, Reinhard Pohl

Im Vordergrund des vorgestellten Projekts steht die Anwendung neuer Auswerteverfahren im Bereich der Photogrammetrie, die sich mit der lagegetreuen Erfassung und Vermessung von Oberflächen und Objekten auf Grundlage konventioneller Bildaufnahmen beschäftigt. Während die „klassische“ Vermessung mittels der Tachymetrie nur einzelne, i.d.R. markante Punkte registriert, bietet die auf digitalen Daten basierte Photogrammetrie die Möglichkeit, nahezu beliebig viele Lagepunkte pro Objekt zu erfassen. Dabei werden sich in der Perspektive unterscheidende Bildsequenzen analysiert und zueinander passende Bilder zugeordnet. Aus diesen Informationen können sowohl die jeweiligen Kamerapositionen abgeleitet als auch die relative Orientierung korrespondierender Merkmalspunkte im Raum errechnet werden. Einzelne, in den Bildaufnahmen registrierte Kontrollpunkte ermöglichen dabei die Erstellung verzerrungsfreier und hochgenauer 3d-Modelle mit Anbindung an übergeordnete Koordinatensysteme und die verlustfreie Weiterverarbeitung in geographischen Informationssystemen.

Besondere Anwendung findet diese Methode durch den vermehrten Einsatz von unbemannten Systemen zur fluggestützten Fernerkundung (engl. unmanned aerial system, kurz: UAS), i.d.R. Multikopter oder Flächenflieger. Die Anwendungen der unbemannten Luftfahrzeuge reichen bisher von der militärischen Nutzung als Drohne bis zum Einsatz in zivilen Projekten, insbesondere für Untersuchungen im Umweltbereich.

Vorteile gegenüber flugzeuggestützten Aufnahmen und klassischen Vermessungsmethoden bestehen neben der erhöhten Auflösung in der kosteneffizienten und flexiblen Anwendung, die wenig Vorarbeit bedarf. Durch die digitale Speicherung der Bilder können nahezu beliebig viele Aufnahmen erstellt werden, um beispielsweise im Rahmen einer ereignisbezogenen Datenerhebung in kurzen zeitlichen Intervallen strukturelle Veränderungen zu registrieren und zu dokumentieren.

Am 8. Juni 2013 wurde während des Deichbruches an der Saale-Mündung bei Breitenhagen im Auftrag Landesbetriebes für Hochwasserschutz und Wasserwirtschaft Sachsen-Anhalt (LHW) ein Multikopter zur Lagebeurteilung eingesetzt. Es fand keine weitere Auswertung der während der Befliegungen erstellten Videoaufnahmen durch einen der Katastrophenschutzstäbe statt, sodass eine Beschäftigung mit der Thematik erst im Rahmen der Ereignisanalyse in Form einer Seminararbeit an der TU Kaiserslautern durchgeführt werden konnte. Anhand dieses Beispiels wird erläutert, welche Verarbeitungsschritte von den Foto- oder Videoaufnahmen bis zum digitalen Oberflächenmodell und den daraus abgeleiteten hydronumerischen Modellen notwendig sind.

Bilanz der Feinsedimente entlang des Rheins - von der Quelle bis zur Mündung

Gudrun Hillebrand, Thomas Hoffmann

Die Bilanzierung von Sedimentflüssen ermöglicht die Analyse von Quellen und Senken bestimmter Sedimentfraktionen sowie die Ableitung von Sedimentfrachten im Fließgewässer. Die Betrachtung der Feinsedimente ist als Träger von Nährstoffen und/oder Schadstoffen sowie im Falle von Sedimentablagerungen in Ruhezeiten wie Stauhaltungen oder Häfen im Hinblick auf das nachhaltige Sedimentmanagement von hoher Relevanz.

Für den Rhein wurde eine Sedimentbilanz von der Quelle in den Schweizer Alpen bis zur Mündung in die Nordsee, aufbauend auf vorliegenden Messdaten bzw. Untersuchungen, erstellt. Der Bilanzierung der Feinsedimente wurden vor allem Frachtmessungen, dokumentierte Baggermengen sowie Untersuchungen zum Abrieb von Grobsedimenten und zur Sedimentation auf Überflutungsflächen zugrunde gelegt. Der Fokus der Untersuchung liegt auf der Bilanzierung von Ein- und Austrägen in den bzw. aus dem Wasserkörper. Entsprechend wurde als Kontrollvolumen das Hauptgerinne des Rheins bzw. im schiffbaren Abschnitt die Fahrinne verwendet. Die Bilanzierung erfasst einen mittleren Zustand von 1991 bis 2010.

Den Haupteintragspfad von Feinsedimenten in den Rhein stellen die Sedimente der Bodenerosion im Einzugsgebiet dar. Der Eintrag erfolgt direkt in den Rhein bzw. über Nebenflüsse in den Rhein. Im Tidebereich bildet der Eintrag von marinen Sedimenten eine wesentliche Quelle. Daneben wurde aus der Bilanz berechnet, dass im Bereich des freifließenden Rheins zusätzliche diffuse Einträge bestehen, deren Herkunft ungeklärt ist.

Die größte Senke von Feinsedimenten im Rhein ist der Bodensee, in dem sich pro Jahr knapp 4 Mio. Tonnen Feinsedimente ablagern. Relevante Austragspfade sind außerdem Entnahmen im Rahmen von Baggerungen im Hauptgerinne und in Häfen sowie der Sedimentrückhalt auf Überflutungsflächen bei Hochwasser.

Aus der Bilanz berechnete Frachten stimmen weitgehend gut mit Messdaten überein. Ein Vergleich der Frachtmessungen unabhängiger Messsysteme zeigt teilweise signifikante Unterschiede, deren Ursache nicht abschließend geklärt ist. Der Einfluss von Hochwasserereignissen auf Messunsicherheiten und langfristige Bilanzbetrachtungen ist Gegenstand künftiger Untersuchungen.

Adjungierte Modellierung zur Quantifizierung der Gewässer-Morphologie-Bauwerksinteraktionen

Uwe Merkel

Interessenkonflikte an Fließgewässern sind zumeist eine Folge von räumlichen Wechselwirkungen zwischen Strömung, Sediment, Bauwerken, Wasserqualität- und Durchmischung. Diese teils räumlichen Komponenten beeinflussen lokal den Chemismus, das Hochwasser, die Effizienz für Energiegewinnung und nicht zuletzt lokale Habitats. Ein neues Bauwerk, die Einleitung von Abwässern oder eine nicht durchdachte Baggerung können ein komplexes Gewässer oft über viele Kilometer aus dem Gleichgewicht bringen. Viele Effekte lassen sich heute im Nahfeld einzeln simulieren. Bei groß-maßstäblichen Simulationen auf Flussgebietsmaßstab mit multiplen Einwirkungen sind die Unsicherheiten bei Eingabeparametern und die interagierenden Nachbarzonen die limitierenden Faktoren für die Qualität der Aussage.

Diese Art der Fragestellung wird als inverses Problem bezeichnet:

Sehr viele Parameter teils unterschiedlicher Kategorie beeinflussen einen Zielparameter, der sich direkt mit Formeln aus einem integrativen Gesamtkonzept ableiten lässt: z.B. eine Schubspannung, lokalen Strömungsdruck, akkumulierter Sedimenttransport, Baggerkosten, Salinität, Sauerstoffgehalt, mittlere Temperatur etc.

Die Quantifizierung einer einzelnen Abhängigkeit wird heute zumeist per Gradient aus je 2 Modellläufen mit unterschiedlichen Parametern beschrieben. Bei Unterteilung eines Projektgebietes in 100 Bereiche (oder lokale Parameter) sind also 1 + 100 Modellrechnungen oder Versuche nötig. Durch die Darstellung als Karte lässt sich ein räumliches Prozessverständnis der Interaktionen beschreiben, das für manuelle oder gar automatisierte Optimierung oder Kalibrierung als Grundlage dient. In einem sehr großen Modell können Millionen von Orte (Netzknoten) mit den jeweils zugeordneten Parametern in Frage (Lage, Bewuchs, Sedimentverteilung, Ausgangskonzentrationen etc.). Eine Überprüfung mit jeweils paarweisen Differenzen ist hierfür meist viel zu teuer.

Mit der im Vortrag vorgestellten Methode der algorithmischen Differentiation hat in Meteorologie, Automobil-, sowie der Luft- & Raumfahrtindustrie bereits ein neues Zeitalter begonnen, in dem eine neue Stufe der Präzision und ökonomischen Effizienz erreicht werden konnte.

Das Grundkonzept, dass für jegliche Art von mathematisch beschreibbaren Prozess an einem Fließgewässersimulationsmodell eingesetzt werden kann, wird hier an Beispielen mit Telemac erklärt.

Hierzu wurden bereits während der gewöhnlichen numerischen Simulation mit Telemac für jeden einzelnen Rechenschritt pro Parameter seine Sensitivitäten aufgezeichnet. In einer anschließend zeitlich rückwärts gerichteten Auswertung werden dann für jeden einzelnen Netzknoten pro Parameter die Gradienten durch Rückwärtsinterpretation erzeugt, man nennt sie dann Adjungierte. Das alles geschieht in einem einzigen Rechenlauf, der bis zu mehrere Millionen Differenzenvergleiche ersetzt und somit auch auf herkömmlichen PCs eingesetzt werden kann.

Optimierung der Niederschlags-Abfluss-Modellierung für städtische Hochwasservorwarnsysteme durch Einsatz von Ensemble Radar Nowcasts

Sandra Hellmers, Alexander Strehz, Nina Leese, Thomas Einfalt, Peter Fröhle

Einleitung:

Insbesondere in städtischen Gebieten sind optimierte Strategien zur Abschätzung der Auswirkungen kleinräumiger Niederschlagsmuster lokaler Starkregenereignisse für Hochwasservorwarnsysteme erforderlich. In diesem Beitrag wird eine Methodik basierend auf Ensembles der Kurzfristvorhersage (dem „Nowcasting“) kleinräumiger Radardaten mit einer Auflösung von 1km x 1km für die Niederschlagsabflussmodellierung im Rahmen des Hochwassermanagements vorgestellt. Durch die Verwendung von Nowcast Ensembles wird eine Streubreite von möglichen Vorhersagen erzeugt, die zusätzliche statistische Informationen für die Vorwarnsysteme und die Risikoabschätzung liefern.

Methodik:

Die hier vorgestellte Methodik zur Erzeugung von Niederschlagsensembles basiert auf der Verwendung räumlich hochaufgelöster, angeeichter Niederschlagsradardaten, wobei Geschwindigkeitsvektoren und Wachstumsraten beobachteter radargemessener Niederschlagszellen in die Zukunft extrapoliert werden. Die so gewonnenen hochaufgelösten Ensemble Niederschlagsdaten dienen im Weiteren als Grundlage zur Berechnung der Abflüsse unter Anwendung eines semi-distributiven Niederschlagabflussmodells. Dabei wird der Flächenniederschlag für die im Modell hinterlegten Flächenelemente pro Zeitschritt mithilfe einer orthogonalen Rasterbildung und Gewichtung der nächstgelegenen Rasterzellen mit einer Auflösung von 1km² gebildet.

Fallstudie:

Im Rahmen des Projektes StucK „Sicherstellung der Entwässerung küstennaher, urbaner Räume unter Berücksichtigung des Klimawandels“ (2015 – 2018) der Fördermaßnahme „Regionales Wasserressourcen-Management für den nachhaltigen Gewässerschutz in Deutschland“ (REWAM) wurden 2 Ereignisse mit je 10 Nowcast Ensemble Members mit der Software SCOUT erstellt. Die 10 Ensemble Niederschlagszeitreihen mit einer zeitlichen Auflösung von 5 Minuten, einer Dauer von 60 Minuten und einer räumlichen Auflösung von 1km² dienen als Eingangsdaten in das Niederschlagsabflussmodell KalypsoHydrology als Teil des in Hamburg eingesetzten Software Systems Kalypso im Hochwassermanagement. Das in der Fallstudie betrachtete Einzugsgebiet der Kollau liegt im Nordwesten Hamburgs und ist charakterisiert durch stark urban geprägte Flächen und zeitlich schnell reagierenden Zuflüssen in das Hauptgewässer. Das Einzugsgebiet umfasst etwa 34,3km² und die Fließlänge beträgt etwa 7,3km.

Fazit:

Die Ergebnisse der Fallstudie verdeutlichen eine verbesserte Einschätzung der Hochwassersituation unter Verwendung von Nowcast Ensembles auf der Basis von räumlich hochaufgelösten Radardaten insbesondere für stark urban geprägte Einzugsgebiete.

The response of solute export and source to variations of discharge in small catchments

Marie Küssner, Julien Bouchez, Jean-François Didon-Lescot, Jean-Marc Domergue, Nadine Grard,

Water residence times and pathways influence the extent and style of weathering reactions in catchments. As a consequence, element concentrations and ratios in the dissolved load are affected by different processes, the relative dominance of which varies across the seasonal cycle, and even during single flood events. To trace these processes and the sources which influence the hydrochemistry of the ground- and the stream water we focus time series of river discharge and chemistry, collected in small instrumented catchments, featuring a single lithology and one vegetation type.

We present element concentrations and their response to discharge variations for the Sapine catchment (0.54 km²). The catchment is located in the Cévennes National Park in southern France, on the southeastern edge of the Massif Central, France [1]. The underlying bedrock consists of the "Pont de Montvert granite". The catchment is covered with Beech coppice (*Fagus sylvatica*). The anthropogenic influence on the catchment is negligible and therefore, the hydrology is the main control for solute export. Major and trace element concentrations were measured in the stream water and the precipitation for a monthly sampling period between July 2013 and August 2015. Combined with elemental concentrations of bedrock, vegetation, and soils, we determine the temporal variation in the relative contribution of water pathways. Based on long-term records of discharge and precipitation, we can establish the chemical budget of the catchment. In addition, we examine concentration-discharge relationships to retrieve information about the processes underlying hydrological controls on solute export [2]. Finally, the results of the Sapine catchment are compared with other catchments of the Cévennes National Park, hence with similar climate, to identify how concentration-discharge relationships are affected by changes in the lithology and land use.

[1] Durand et al., *J. Hydrol.* 129: 57-70 (1991).

[2] Godsey et al., *Hydrol. Process.* 23: 1844-1864 (2009).

Hydrological stressors within the Adige catchment (North-East Italy)

Gabriele Chiogna, Alberto Bellin, Bruno Majone, Karina Cano Paoli, Elena Diamantini, Elisa Stella, Stefano Mallucci, Ye Tuo, Markus Disse

The GLOBAQUA project has been funded by the European Commission in the 7th framework programme, in order to improve management of the effects of multiple stressors on aquatic ecosystems under water scarcity. Six case studies, representative of different climatic conditions, have been selected to address this issue. The Adige catchment has been chosen to represent the Alpine region. The Adige is the second longest river in Italy, with a length of 410 km and a drainage area of 12000 km². In this catchment, the main stressor for the aquatic ecosystem derives from hydrological alterations. Indeed, because of its morphology and humid climate, the river basin is well suited for hydroelectric production, and to date 30 major reservoirs exist in the catchment, for a total storage capacity equal to 8.5% of the long-term mean annual runoff. Natural streamflow is significantly affected by hydropower production, particularly at intermediate and low flow regimes. Furthermore, earlier snow melting is already affecting the Adige river basin reducing water resources availability during the irrigation period (roughly June-August). Indeed, higher temperatures recorded in the summer months may cause an increase of water demand for irrigation and for energy production used for cooling. This is expected to increase the deficit of water resources in summer, when agricultural and recreational uses reach the highest water demand. As a consequence, an exacerbation in the conflicts between different users of water resources can be expected. Furthermore, induced hydropeaking effects can also have severe consequences on contaminant loads transported in the stream. Another important stressor of the aquatic ecosystem relevant for the upper part of basin, may be the release of pollutants (e.g., POPs & DDT) accumulated in the glaciers and the release of emerging pollutants (e.g., drugs, pharmaceuticals and personal care products, in particular UV filters) from the WWTPs serving the ski resorts. In this context, hydrological modeling will contribute: i) to monitor the impact of the main stressors on the basin; ii) to develop a sediment and pollutant transport model and the interactions between surface water, groundwater and the hyporheic zone; iii) to develop policies for sustainable hydropower tourism and agriculture activities; iv) to provide policies for adaptation considering water management under climate change conditions.

Einfluss von Extremereignissen auf die Qualität der Sedimente und Schwebstoffe im Elbeästuar

Carmen Kleisinger, Holger Haase, Birgit Schubert

Sedimente und Schwebstoffe in Ästuaren sind oft mit Schadstoffen belastet. Auf Grund ihrer chemischen Natur werden lipophile und gering wasserlösliche Schadstoffe in den Gewässern bevorzugt an Feststoffe gebunden. Während sich die Wasserqualität in den Flüssen zunehmend verbessert, findet sich das Erbe der Vergangenheit in kontaminierten Sedimenten z.B. in Ruhezonen der Flüsse, in Ästuaren und Flussauen.

Bei hohen Oberwasserabflüssen der Mittelelbe erfolgt ein deutlicher Transport von partikulär gebundenen Schadstoffen aus der Binnenelbe durch das Ästuar in Richtung Außenelbe. Hierbei wird für Schwermetalle und organische Schadstoffe, die ihre Hauptquellen im Binnenbereich oder im inneren Ästuar haben, eine Konzentrationsabnahme in den Sedimenten und Schwebstoffen auf der Strecke vom Tidewehr in Richtung Nordsee beobachtet. Dies ist das Resultat der Vermischung von stärker mit Schadstoffen belasteten Feststoffen fluvialer Herkunft mit geringer belasteten Feststoffen überwiegend marinen Ursprungs.

Nach Hochwasserereignissen werden, bedingt durch hohe Einträge schadstoffbelasteter Sedimente ins Ästuar, an den untersuchten Messstationen jeweils Maxima für die Schadstoffgehalte beobachtet (am stärksten ausgeprägt im inneren Ästuar). Bei anschließend abnehmenden Oberwasserzuflüssen mit dem Eintrag von weniger belasteten fluvialen Sedimenten ins Ästuar bei gleichzeitig verstärktem Stromauftransport gering belasteter mariner Sedimente, nehmen die Schadstoffkonzentrationen in den Feststoffen wieder ab (Ackermann und Schubert 2007).

Bei ausgeprägten Hochwasserereignissen in den Jahren 2002, 2006 und 2013 konnte der Effekt des Anstiegs der Schadstoffkonzentrationen an allen Messstationen bis zur am weitesten seewärts gelegenen Station Cuxhaven beobachtet werden. Frachtberechnungen aus dem Jahr 2013 ergaben, dass innerhalb von 18 Hochwassertagen für die Spurenmetalle rund 12-30 % und für die organischen Schadstoffe (ausgenommen p,p'-DDT) rund 55-65 % der Jahresfracht 2012 ins Ästuar eingetragen wurde (Schwandt et al., 2014). In Phasen mit niedrigen Oberwasserabflüssen dagegen sinken die Schadstoffkonzentrationen und -frachten am Ästuarareingang und im weiteren Verlauf.

Extreme Abflussereignisse sind daher relevant für den Transport von Feststoffen und den daran gebundenen Schadstoffen in das Ästuar, im Ästuar und letztlich in das Meer.

Ackermann, F. and Schubert, B. (2007): Trace metals as indicators for the dynamics of (suspended) particulate matter in the tidal reach of the River Elbe. *Sediment Dynamics and Pollutant Mobility in Rivers*. U. Förstner and B. Westrich. Heidelberg, Springer Verlag, 296-304.

Schwandt, D., Kleisinger, C., Hübner, G., Claus, E., Haase, H., Schubert, B., Heininger, P. (2014): „Schadstoffmonitoring während des Elbehochwassers im Juni 2013“ Tagungsband zum Magdeburger Gewässerschutzseminar 2014, S. 10-13.

Vergleich von Geräten zur Schwebstoffgewinnung für das chemische Schwebstoffmonitoring

Thorsten Pohlert, Sabine Keßler, Reinhard Bierl, Vera Breitung

Bisher ist es offen, ob unterschiedliche Verfahren zur Schwebstoffgewinnung zu gleichwertigen Ergebnissen beim chemischen Schwebstoffmonitoring führen. Daher ist das Ziel dieses Projektes, die Vergleichbarkeit von vier verschiedenen Verfahren zur Entnahme von Schwebstoffen unter realen Bedingungen hinsichtlich der Eignung für die Rückstandsanalytik, ihrer Praktikabilität und Wirtschaftlichkeit zu überprüfen. Dazu wurden zwei schwimmende Integralsammler, der BfG-Binnensammler (BiSam) und ein neuartiger Rohrsammler (RSam) sowie zwei Geräte zur Gewinnung von Stichproben, die Durchflusszentrifuge (DZ) und der Hydrozyklon (HZ), verwendet.

Dazu wurden an zwei Entnahmestellen, Iffezheim/Rhein und Koblenz/Mosel, von August 2013 bis August 2014 in Anlehnung an das IKSR-Messprogramm zur Schwebstoffgüte im Abstand von vier Wochen Schwebstoffproben mittels der vier Entnahmegерäte parallel gewonnen. Die untersuchten Kenngrößen sind an die IKSR angelehnt und umfassten Korngrößenanteil der < 63 µm Fraktion, Gesamtgehalte des Kohlenstoffs (TOC) und des Phosphors (GP), Gesamtgehalte von Pb, Zn, Cu, Ni, Cr, Cd, ausgewählte polyzyklische Kohlenwasserstoffe (PAK) sowie polychlorierte Biphenyle (PCB) und Hexachlorbenzol (HCB). Mittels teilhierarchischer dreifaktorieller Varianzanalyse wurde der Einfluss der Entnahmetechnik (Sammelprobe, Stichprobe), des Entnahmegерätes (BiSam, RSam, DZ, HZ) und der Messstelle (Iffezheim/Rhein, Koblenz/Mosel) über den gesamten Probenentnahmezeitraum untersucht. Im Anschluss folgten post-hoc Tests mittels LSD-Test.

Bei den Gehalten von Pb, Cr, Cd und HCB wurde weder ein signifikanter Einfluss durch die Entnahmetechnik, noch durch das Entnahmegерät festgestellt. Die Gehalte von GP, TOC und Cu in den Schwebstoffen der Sammelproben sind signifikant geringer als in den mittels Stichprobe gewonnenen Proben. Die Proben in HZ und DZ sind homogen; ebenso die Proben in BiSam und RSam. Für die Kenngröße Zn ist das Entnahmegерät signifikant. Der HZ liefert einen ca. 17 % höheren Zn-Jahresmittelwert, als die anderen Geräte. Bei der Korngrößenanalyse zeigt sich der Anteil der Fraktion < 63 µm in der DZ (89,1 %) am höchsten. Die PAK-Gehalte im BiSam, dem RSam und der DZ sind homogen. Dagegen sind die PAK-Gehalte im HZ signifikant um zwischen ca. 22 % und 37 % höher, als in den anderen Sammlern. Für PCB101, PCB138, und PCB153 sind die Gehalte bei Stichproben signifikant höher (zw. 17 % und 29 %), als bei Sammelproben.

Bei den Integralsammlern, die jeweils untereinander stets homogene Ergebnisse liefern, ist der RSam im Vergleich zum BiSam die kostengünstigere Variante. Es muss jedoch ein größeres Volumen von Wasser-Schwebstoffgemisch im Labor zentrifugiert werden. Unter den Stichprobenentnahmegерäten liegen die Vorzüge des HZ in der kostengünstigen Beschaffung sowie der einfacheren Handhabung im Gelände. Sieht man von den Ergebnissen für PAK ab, sind HZ und DZ als gleichwertige Schwebstoffentnahmegерäte einzustufen.

Aus der Vergangenheit lernen, für die Zukunft vorbereitet sein- 10 Jahre hydrodynamische Abflussmodellierung der BfG zur Verbesserung hydrologischer Grundlagen an der Binneneibe

Norbert Busch, Marcus Hatz, Matthias Hammer, Markus Promny

Das katastrophale Hochwasser der Elbe im August 2002 wirkte wie ein schriller Weckruf – auch für die hydrologische Fachwelt! Zahlreiche in der Folge veranlasste Studien brachten zum Teil erhebliche Defizite in den hydrologischen Grundlagendaten ans Tageslicht. So resultierten aus der Anwendung von Abflusskurven für zurückliegende Zeiträume unstimmige Abflussbilanzen, es ergaben sich uneinheitliche Abflusslängsschnitte entlang der Elbe für statistische Extremwerte und in der Zusammenschau der Abflusskurven wurden widersprüchliche Tendenzen in der zeitlichen Entwicklung der Leistungsfähigkeit von Pegelprofilen sichtbar. Fehlende Grundlagen wurden seither aufgearbeitet und das Wissen um die flussgebietsweiten hydrologischen Zusammenhänge durch gemeinschaftliche Anstrengungen der verantwortlichen Akteure des Bundes und der Bundesländer deutlich verbessert; die BfG hat hierzu u.a. durch den Einsatz großräumiger hydrodynamischer Modelle beigetragen.

Das Pegelnetz bildet, im Zusammenspiel mit den Wasserspiegelfixierungen, an der Elbe seit jeher ein stabiles Gerüst für hydrologische Untersuchungen. Im Jahr 2005 lag darüber hinaus erstmalig ein länderübergreifendes digitales Geländemodell des Elbelaufs vor, sodass in der BfG ein 1D-hydraulisches Modell für großräumige Berechnungen zwischen Schöna und Geesthacht erstellt werden konnte. Darauf aufbauend konnten in Kooperation mit der Flussgebietsgemeinschaft Elbe bisher fehlende Wasserspiegellagen für kennzeichnende Abflusszustände zwischen Niedrig- und extremem Hochwasser generiert werden. Diese dienen den Bundesländern seither als einheitliche Grundlage für Bemessungszwecke. In den beiden von der EU geförderten Projekten ELLA (2006) und LABEL (2012) wurden die Wirkungen von geplanten Rückhaltungen (gemäß Aktionsplan Hochwasserschutz der IKSE) und der existierenden großen Talsperren in Tschechien ermittelt. Ging man bisher von positiven Effekten der Moldaukaskade bis in den Raum Dresden aus, so wurde aufgezeigt, dass die gesamte deutsche Elbe bis vor die Tore Hamburgs als Unterlieger in einem Maße (Scheitelreduktion bis ca. 1m) profitieren kann, wie es von keinem anderen großen deutschen Fluss bekannt ist.

Mit dem Extremhochwasser im Jahr 2013 rückten die zuvor adressierten überregionalen Aspekte sowie das Wissen um eine gegenseitige Verantwortlichkeit zwischen Ober- und Unterliegern erneut in den Fokus. Fragen hinsichtlich der Wirkung der Havelpolder, die von der BfG bereits modellbasiert untersucht wurden, erschienen im neuen Licht und werden seit 2015 im Rahmen des Nationalen Hochwasserschutzprogramms in Zusammenarbeit von Bund, Ländern und BfG erneut bearbeitet. In Zusammenarbeit mit ihren Partnern hat die BfG in den vergangenen 10 Jahren gezeigt, wie der Einsatz hydrodynamischer Modelle einen wichtigen Beitrag zur Schaffung hydrologischer Grundlagen liefern kann. In gleichem Maße, wie die Hydrologie vom Modellbetrieb profitiert hat, ist jedoch auch der Modellbetrieb von den Grundlagen abhängig.

Der Dürremonitor – Aktuelle Information zur Bodenfeuchte in Deutschland

Andreas Marx, Luis Samaniego, Rohini Kumar, Stephan Thober, Juliane Mai, Matthias Zink

Dürren, wie u.a. im Jahr 2003 in Mitteleuropa, haben gezeigt, dass die eingeschränkte Verfügbarkeit von Wasser zu messbaren negativen Effekten auf unsere Gesellschaft führen kann. Dazu zählen negative Auswirkungen wie die Reduktion der Pflanzenproduktivität z.B. in der Landwirtschaft oder das erhöhte Risiko von Sekundärschäden und Waldbränden in der Forstwirtschaft. Diese sind die Konsequenzen sogenannter landwirtschaftlicher Dürren, einer Verknappung verfügbaren Bodenwassers. Im Jahr 2015 hat die Trockenheit des Bodens in weiten Teilen Süd- und Ostdeutschlands zu Ertragsrückgängen z.B. beim Winterweizen geführt. Gegenüber dem Rekordjahr 2014 ist ein bundesweiter Rückgang von 12% festgestellt worden, wobei regional Ertragsrückgänge bis zu 40% auftraten.

Am UFZ wurde der deutsche Dürremonitor entwickelt, der hochaufgelöste Information zu Trockenheit und Dürre in fast-Echtzeit und leicht verständlich unter www.ufz.de/duerremonitor frei zur Verfügung stellt. In einer Auflösung von 4x4 km² werden täglich flächendeckende Informationen zu Trockenheit bereitgestellt. Das operative Modellsystem besteht im Wesentlichen aus fünf Schritten: (1) der täglichen Aktualisierung der beobachteten meteorologischen Daten vom Deutschen Wetterdienst, deren Konsistenzprüfung und Interpolation, (2) Simulation der aktuellen Bodenfeuchte unter Verwendung des mesoskaligen Hydrologischen Modells mHM (www.ufz.de/mhm), (3) Berechnung des perzentilbasierten Bodenfeuchteindex (SMI) auf der statistischen Basis des Zeitraumes 1953-2014, und (4) Klassifikation des SMI in fünf Dürre-Klassen von „ungewöhnlich trocken“ bis zu „außergewöhnliche Dürre“ und (5) Visualisierung und Veröffentlichung im Internet.

In der Präsentation wird das Konzept des Dürremonitors vorgestellt, sowie die historische Entwicklung von landwirtschaftlichen Dürren seit 1953 analysiert. Unsere Analyse zeigt, dass das Ereignis 2003 zwar unter den größten zehn Ereignissen in Deutschland rangiert, jedoch von anderen Dürren, z.B. in den 50er und 70er Jahren, übertroffen wurde. Auch das aktuelle Trockenereignis 2015 wird diskutiert, welches zeitweise bis zu 75% Deutschlands betraf.

Optimierung hydrometrischer Auswerteverfahren für Abflussmessungen

Fabian Netzel, Christoph Mudersbach, Marc Scheibel, Alexander Lücke

Im Bereich der Abflussmessungen werden derzeit viele unterschiedliche Messtechniken angewendet. Die bekanntesten Verfahren sind dabei Ultraschallanlagen, ADCP-, Tracer- und Flügelmessungen, sowie zunehmend auch mobile ADV-Profiler.

Jedes der oben angeführten hydrometrischen Systeme bietet unterschiedliche Vor- und Nachteile im operativen Einsatz. So stellt beispielsweise die ADCP-Technik eine enorme Zeiterparnis im Vergleich zur Abflussmessung mit dem hydrometrischen Flügel dar, ist bei besonders kleinen und flachen Gewässern jedoch nicht uneingeschränkt einsetzbar.

In enger Zusammenarbeit zwischen der Hochschule Bochum und dem Wupperverband wurde ein Softwaretool entwickelt, welches über verschiedene Auswertemechanismen einen systematischen Vergleich der unterschiedlichen Messverfahren bzw. Messsysteme vornimmt. Dazu wurden in detailliert vergleichenden Messkampagnen an charakteristischen Pegeln im Verbandsgebiet des Wupperverbandes Messdaten erzeugt, über die Software eingelesen und in Bezug auf die hydrologischen Kenngrößen Abfluss (Q), Geschwindigkeit (v), Querschnittsfläche (A) und K-Faktoren (K) untersucht. Auf Basis der durchgeführten Auswertungen und der messstellenspezifischen Randbedingungen erfolgt anschließend eine Qualitätsbewertung der Messdaten und des Messverfahrens. Somit können zum einen die Nutzungseignung und Unsicherheiten der Datensätze für hydrologische Fragestellungen bewertet und andererseits geeignete Kombinationen der Messverfahren und –ergebnisse untereinander ausgegeben werden, um die Nachteile der einzelnen Verfahren zu minimieren und die Vorteile optimal auszunutzen.

Im Rahmen des Vortrages werden die Ergebnisse der Messkampagnen und -verfahrensvergleiche, vorhandene Unsicherheiten und deren Auswirkungen, sowie Ansätze zur Optimierung der Abflussmessungen vorgestellt.

Schlagwörter: Software, Abflussmessung, Optimierung, ADCP, Korrekturfaktoren, Unsicherheiten

Die Analyse der Fortpflanzung von Trockenwettersignalen mithilfe verschiedener Schwellenwertmethoden

Benedikt Heudorfer, Kerstin Stahl

Die Schwellenwertmethode ist ein nützlicher Ansatz zur operationellen Quantifizierung von Dürren. Die Methode ist ein Tool, das breite Anwendung findet, insbesondere in Studien zur Fortpflanzung von Trockenwettersignalen, da sie die Vergleichbarkeit von Trockenheitscharakteristika durch alle Ebenen des hydrologischen Kreislaufs hindurch ermöglicht. Innerhalb der Familie der Schwellenwertmethoden gibt es verschiedene Berechnungsverfahren. Inwieweit die Wahl der Methodenart einen Effekt auf die berechneten Dürrecharakteristika und Fortpflanzungscharakteristika hat, wurde jedoch noch wenig untersucht. Des Weiteren basieren bisherige Studien zum Thema zum überwiegenden Teil auf modellierten Daten. Daher war es das Ziel dieser Studie, herauszufinden ob und in welchem Ausmaß Beobachtungsdaten bei der Anwendung verschiedener Schwellenwertmethoden Abweichungen von den theoretischen Fortpflanzungsmustern aufweisen, und welchen kontrollierenden Faktoren diese Abweichungen unterliegen. Hierzu wurden für unterschiedliche Einzugsgebiete in Deutschland jeweils eine konstante Schwellenwertmethode und eine variable Schwellenwertmethode auf Niederschlags-, Abfluss-, und Grundwasserstandsdaten angewendet. Anschließend wurden die mit den beiden Methoden ermittelten Dürrecharakteristika und ihre erwarteten Fortpflanzungscharakteristika, d.h. zum Beispiel eine Verzögerung und Verlängerung der Ereignisse vom Niederschlag zum Abfluss zum Grundwasser, verglichen. In den meisten Fällen, insbesondere in den langsam reagierenden, flach und tief liegenden Einzugsgebieten mit ausgedehnten Grundwassersystemen, konnten die theoretischen Fortpflanzungscharakteristika bestätigt werden. In den schneller reagierenden, kleineren Mittelgebirgs-Einzugsgebieten war dies nicht immer der Fall und zum Teil ergaben sich erhebliche Abweichungen. Diese Abweichungen werden hauptsächlich grundwasserspezifischen Faktoren wie etwa der relativen Lage innerhalb des Grundwasserneubildungs- bzw. -Austrittskontinuum zugeordnet. Abschließend lässt sich sagen, dass in manchen hydrologischen Systemen die Fortpflanzung von Dürresignalen stark von den individuellen terrestrischen Faktoren der Einzugsgebiete sowie auch von der Wahl der Schwellenwertmethode abhängen. Um letztendlich eine passende Wahl treffen zu können, empfehlen sich weitere Studien mit größeren Stichproben, mit dem Ziel der statistischen Quantifizierung der beobachteten Effekte.

Tausalzverdünnung und -rückhalt – Modellberechnungen

Christopherus Braun, Sebastian Rubbert

Die Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) führt ein Forschungsvorhaben zur Verdünnung und Rückhalt von Tausalz bei verschiedenen Entwässerungsmethoden durch. Insbesondere sollen mit Hilfe von numerischen Modellen unterschiedliche Szenarien berechnet und anschließend bewertet werden. Hierbei werden keine konkreten Modellstandorte untersucht, sondern es soll eine allgemein gehaltene Studie erstellt werden, die sich auf möglichst viele typische Standorte übertragen lässt.

Auftausalze sind in Wasser leicht löslich, es kann also davon ausgegangen werden, dass ausgebrachte Salze in den Wasserkreislauf gelangen. Mögliche Eintragspfade sind direkter Abfluss aus dem Entwässerungssystem zu Oberflächengewässern und Versickerung ins Grundwasser. Als Eintragspfade ins Grundwasser sind örtlich konzentrierte Versickerungen (z.B. aus Versickerungsbecken) und diffuse Stoffeinträge (z.B. aus Straßengischt und Windverwehungen) zu betrachten. Da die Salze im Grundwasser mobil sind, gelangt die eingetragene Stoffmenge früher oder später ebenfalls zu den Vorflutern.

Sowohl im Grundwasser als auch in den Oberflächengewässern können erhöhte Salzkonzentrationen zu einer Beeinträchtigung von Natur und Umwelt. Ziel des Forschungsvorhabens ist es, zunächst den Transport von Salz hin zu den Gewässern zu beschreiben und für ausgewählte Szenarien zu quantifizieren. Im Beitrag werden Ansätze zur Quantifizierung der Stoffeinträge und die Berechnungsansätze zu den verschiedenen Eintragspfaden vorgestellt.

Die Berechnungsergebnisse hinsichtlich des Transportes von Tausalz hängen von einer Vielzahl unterschiedlicher Faktoren ab (klimatische und hydrologische Verhältnisse, Ausbildung des Straßenentwässerungssystems, Aufbau des Grundwasserleiters, Eigenschaften der ungesättigten Zone, ...). Mittels einer systematischen Sensitivitätsuntersuchung werden maßgebende Parameter und Prozesse ermittelt.

So wird zum Beispiel präsentiert, unter welchen Voraussetzungen Dichteeffekte bei der Modellierung des Transportes von Tausalz im Grundwasser zu berücksichtigen sind. Ebenso wird auf den Effekt der kapillaren Diffusion am Übergang von der ungesättigten zur gesättigten Grundwasserzone eingegangen. Für den Transport im Grundwasser werden aus der Sensitivitätsuntersuchung wesentliche Parameter und ihr Einfluss auf das Transportgeschehen abgeleitet. Mit Bezug auf die technischen Anlagen der Straßenentwässerung werden insbesondere die wechselseitigen Abhängigkeiten und Auswirkungen zwischen den Charakteristika der Abflussbildung einerseits sowie der Konstellation von Puffer- und Rückhaltebecken andererseits betrachtet. Die Ergebnisse der Untersuchungen an Teilsystemen dienen als Grundlage für die nächste Phase der Bearbeitung: die zielgerichtete Modellierung unterschiedlicher Konstellationen von Gesamtsystemen mit Kopplung zwischen technischer Entwässerung und Stofftransport über das Grundwasser und die Übertragung der Berechnungsergebnisse auf möglichst viele Standorte.

Synthese von Praxiserfahrung und Modelloptimierung als Grundlage eines verbesserten Talsperrenbetriebes

Alexander Rötz, Christian Bouillon, Stephan Theobald, Jochen Hohenrainer, Anna-Dorothea Ebner von Eschenbach

Eine optimale Bewirtschaftung von Talsperren mit vielfältigen Nutzungen und den damit einhergehenden konträren Zielvorgaben stellt im operationellen Einsatz eine besondere Herausforderung dar. Ist die unterstrom gelegene Gewässerstrecke Teil des Bewirtschaftungskonzeptes, ist die Abgabestrategie im täglichen Entscheidungsprozess an die jeweilige aktuelle und zu erwartende Abflusssituation bedarfsgerecht anzupassen. Folglich steht der Entscheidungsträger in der Praxis vor der Situation die Einzelanforderungen möglichst optimal einzuhalten und im besten Fall eine Strategie zu wählen, die abhängig von den äußeren Einflussfaktoren eine vorausschauende Planbarkeit gewährleisten kann.

Zur Beantwortung der aufgezeigten Problemstellung sind innovative Modellsysteme, Werkzeuge und Lösungsansätze erforderlich, um die Teilprozesse der Talsperrenbilanzierung unter Berücksichtigung aller Zu- und Abflussinformationen sowie das Fließverhalten (Wellenlaufzeit, Retentionsvermögen) innerhalb der Gewässerstrecke unter Verwendung von hydraulischen Simulationsverfahren zur Fließgewässermodellierung über das gesamte Abflussspektrum möglichst genau zu beschreiben. Mit dem Konzept einer modellbasierten prädiktiven Regelung (MPR) kann auf Grundlage der prognostizierten Abflusssituation eine Optimierung der zukünftigen Talsperrenabgabe für verschiedene Bewirtschaftungsfälle unter Beachtung der Nutzungsrestriktionen sowie der Zielvorgaben in der Talsperre und am Gewässerpegel erfolgen.

Unter diesen Gesichtspunkten wurde in Zusammenarbeit mit der Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG) ein auf freien Software-Produkten (RTC-Tools, Delft-FEWS) basierendes operationelles Modellsystem für die Edertalsperre entwickelt, welches die o. g. Teilprozesse und Optimierungsansätze vereint und an Vorhersagedaten vorgeschalteter hydrologischer Modelle anknüpft.

Die Ergebnisse zeigen, dass die Talsperrenbilanz und der Wellenablauf in der Gewässerstrecke mit den gewählten Modellansätzen für den Beobachtungs- und Vorhersagezeitraum adäquat beschrieben werden. So können dem Entscheidungsträger die Auswirkungen von verschiedenen Bewirtschaftungsstrategien dargelegt und mögliche Handlungsspielräume aufgezeigt werden. Das Modellsystem zeichnet sich durch eine einfache Handhabung, hoher Programmstabilität und schnellen Rechenzeiten aus. Zusammenfassend kann mit dem entwickelten Modellsystem die komplexe Bewirtschaftung effizient abgebildet werden und somit im Zusammenspiel mit der Praxiserfahrung des Operateurs bei der Wahl einer bestmöglichen Betriebsstrategie unterstützend beitragen.

Noah, Joseph und die langen Abflusszeitreihen oder die Persistenz-Analyse hydro-meteorologischer Zeitreihen

Ulrich Barjenbruch

Der Titel wurde in Anlehnung an die renommierte Veröffentlichung von Mandelbrot et al. „Noah, Joseph and Operational Hydrology“ aus dem Jahre 1968 gewählt. Vor über 50 Jahren hat Benoît Mandelbrot in der Grundlagenforschung des IBM-Konzerns die phänomenologischen Erkenntnisse des britischen Hydrologen Harold Edwin Hurst (Hurst, H.E., 1951) über das Langzeitverhalten von Abflusszeitreihen in die, von Ihm erdachte, statistische Theorie der selbstaffinen, fraktalen Strukturen eingebettet. Mit den Erkenntnissen von Hurst und Mandelbrot wurde eines der bedeutendsten Gesetze über die Langzeitabhängigkeit in der Geophysik begründet. Mandelbrot bezeichnete die gefundene exponentielle Abhängigkeit mit dem Hurst-Exponenten, womit dem Hydrologen Harold Edwin Hurst eine weitere Ehrung zuteilwurde.

Langzeitpersistenzen bzw. –korrelationen können in hydro-meteorologischen Zeitreihen sowohl durch eine Analyse im Zeitbereich als auch im Frequenzbereich nachgewiesen werden. In dieser Arbeit werden die Langzeitkorrelationen der Zeitreihen nicht wie üblich, durch eine Analyse der Autokovarianz- bzw. Autokorrelationsfunktion nachgewiesen, sondern durch eine Analyse der Entropie (Weingärtner, 1985; SINGH, Vijay P., et al., 2000) der Zeitreihe mittels der Auto-Transinformationsfunktion (engl. Auto-Mutual Information Function (AMIF)). Die Vorteile dieser Methode werden diskutiert.

Weiterhin werden die selbstaffinen Strukturen in den langen Zeitreihen durch eine Auswertung der spektralen Leistungsdichte (engl. Power-Spectral-Density (PSD)) dargestellt. Ein Bezug zur Auswertung im Zeitbereich wird hergestellt.

Es werden sowohl lange gemessene Temperatur- und Abflusszeitreihen als auch modellierte Abflusszeitreihen in ihrer Charakterisierung des Einzugsgebietes an Hand praktischer Beispiele diskutiert.

Literatur:

Hurst, H.E., Long term storage capacity of reservoirs, Transactions of the American Society of Civil Engineers, 116, 770-799, 1951

Mandelbrot, Benoit B., Wallis, James R., Noah, Joseph, and Operational Hydrology, Water Resources Research, Vol. 4, No. 5. (1968)

Weingärtner, H. "Korrelation und Information. Zur Bestimmung der stochastischen Kontingenz zwischen metrisch, ordinal oder nominal skalierten Zufallsvariablen." Meteorologische Rundschau 38.1 (1985): 1-8.

SINGH, Vijay P., et al. The entropy theory as a tool for modelling and decision-making in environmental and water resources. WATER SA-PRETORIA-, 2000, 26. Jg., Nr. 1, S. 1-12

Hydrologische Ökosystemleistungen zur Lösung von Spital Fit und Institutional Interplay im integrierten Wasserressourcenmanagement

Jochen Hack

Die internationale Gemeinschaft hat sich das Integrierte Wasserressourcen Management (IWRM) zum Ziel gesetzt, um der übergeordneten Bedeutung der Wasserressourcen als integrierende Landschaftskomponente und für die sozio-ökonomische Entwicklung der Menschheit Rechnung zu tragen. Bisher konnten die Ziele dieser integriert und partizipativ organisierten Bewirtschaftung auf Flusseinzugsgebietsebene, insbesondere in Entwicklungs- und Schwellenländern, jedoch noch nicht zufriedenstellend erreicht werden. Eine Folge davon ist u.a. die fortschreitende Degradierung von Ökosystemen und damit ein Verlust der Dienstleistungen, die diese der Gesellschaft erbringen. Eine Vielzahl von Initiativen bemüht sich um die Inwertsetzung dieser, bisher als kostenlos wahrgenommenen, Ökosystemdienstleistungen und der Etablierung von Zahlungssystemen, um deren Erhalt zu finanzieren. Besonders Zahlungssysteme für hydrologische Ökosystemdienstleistungen werden als eine vielversprechende Alternative zu traditionellen Umweltpolitikinstrumenten angesehen, um externe Effekte nicht nachhaltiger Landnutzung zu adressieren. Der Ökosystemansatz verbindet sie dabei mit dem IWRM-Prozess. Dieser Beitrag stellt Forschungsergebnisse im Hinblick auf die Eignung solcher Instrumente zur Lösung von Fit- und Interplay-Problemen bei der praktischen Umsetzung eines integrierten Wasserressourcenmanagements (IWRM). Dabei wird insbesondere darauf eingegangen, ob die genannten Zahlungssysteme mit den Prinzipien und Zielen des IWRM übereinstimmen, sie eine zweckmäßige Ergänzung zu bestehenden umweltpolitischen Instrumenten darstellen und ferner den IWRM-Prozess auf Einzugsgebietsebene begünstigen bzw. fördern. Es ist somit die funktionale Rolle der Zahlungssysteme für hydrologische Ökosystemdienstleistungen identifiziert sowie Synergien bei der Implementierung solcher Zahlungssysteme mit dem lokalen IWRM-Prozess erarbeitet. Anhand eines Fallbeispiels aus Nicaragua werden die beschriebenen Forschungsergebnisse veranschaulicht. Anhand eines nationalen Fallstudienvergleichs einzelner, voneinander unabhängiger Projekte von Zahlungssystemen für hydrologische Ökosystemleistungen, sowie einer intensiven Prozessbegleitung bei der Implementierung einer Fallstudie, wird die funktionale Rolle der Zahlungssysteme beschrieben und die Bedeutung des Instruments für den nationale IWRM-Kontext erörtert.

Human-water interactions in Myanmar's river basins under climate change

Linda Taft, Mariele Evers

Understanding human-water interactions is particularly essential in countries where the economy and the people's well-being and income strongly depend on the availability and quality of sufficient water resources. Such a strong dependency on water is existent in Myanmar for example. The mighty Ayeyarwady River is called the life line of the nation and the country's agriculture is mainly located within the fruitful river basin and its large delta plain. Myanmar is facing big challenges which result from comprehensive political and economic reforms since 2011. These may also include increasing water use by new industrial zones and urbanization. However, not only policy and economy modify the need for water. Climate is another essential driver within human-water systems. Myanmar's climate is influenced by the Indian Monsoon circulation which is subject to interannual and also regional variability. Particularly the central dry zone and the Ayeyarwady delta are prone to serious drought periods and extreme flood events. Following the Global Climate Risk Index (2015), Myanmar is one of the countries which were most affected by extreme weather events between 1994 and 2013.

The overarching goal of our study is to understand and increase the knowledge on human-water-climate interactions and to elaborate possible future scenarios for Myanmar's river basins. It is not well studied yet how current and future climate change and increasing human impact will influence the country's abundant water resources. Therefore, the first step of our studies is to identify the major drivers within the Ayeyarwady River basin. We collect and analyze data sets and information including hydrologic and eco-hydrologic (discharge, sediment load, river biology), climatic (precipitation, temperature, evaporation) and anthropologic (water use, water management, dam projects) aspects. Furthermore, a comprehensive literature survey is part of this first phase. The second step will be to identify key study sites, in the delta and the dry zone, in order to assess and study the interplays and dependencies of the drivers. First results based on meteorological data sets and literature survey indicate, that particularly the central dry zone is affected by strong interannual rainfall variability. Additionally, the human impact in this region is increasing due to numerous pumping (both river and groundwater) activities which will possibly alter water availability, river ecology and hydraulic processes in the near future. The main course of the Ayeyarwady River is still unregulated but several larger dam projects are in the planning phase which will also impact the rich river biodiversity. Our research will contribute to understand human-water-climate interactions in Myanmar's rivers basins with possible transferability to other large river basins in Asian. Moreover, it is considered to compare notes with stakeholders, decision-makers and researchers to enlarge the human resources in Myanmar.

Hydrologische Prozessforschung in Luxemburg: Die Rolle der Uferzone in einem kleinen bewaldeten Einzugsgebiet

Julian Klaus, Barbara Glaser, Núria Martínez-Carreras, Laurent Pfister, Michael Schwab

Einzugsgebiete von Quellflüssen stellen den größten Flächenanteil von Flusseinzugsgebiete dar und spielen damit eine wesentliche Rolle bei der Entstehung von Hochwasserereignissen. Viele dieser Einzugsgebiete zeigen eine charakteristische Landschaftsstruktur bestehend aus einem Hang-Uferzone-Gewässer-System. Die Uferzone spielt eine wichtige Rolle bei der Regulierung des Wasser- und Stoffhaushaltes und das Verständnis der dort auftretenden Prozesse ist essentiell für ein fundiertes Flussgebietsmanagement. In diesem Beitrag zeigen wir verschiedene Ansätze der hydrologischen Prozessforschung und deren Komplementarität im bewaldeten Weierbacheinzugsgebiet (45 ha) in Luxemburg. Die Abflussbildung im Weierbach wird stark von räumlich-zeitlicher Variabilität der Sättigung in der Uferzone kontrolliert. Im Weierbach verwendeten wir experimentelle und modelbezogene Ansätze um die Abflussbildungsprozesse und die Rolle der Uferzone besser zu verstehen. Dazu verwendeten wir sowohl geochemische, isotopische und biologische Tracer (terrestrische Kieselalgen), als auch IR Thermographie und hydrometrische Ansätze. Mittels der stabilen Wasserisotope konnten wir zeigen, dass eine schnelle Reaktion der Abflussganglinie von neuem Wasser erzeugt wird, während die Hauptreaktion des Gewässers von altem Wasser gespeist wird. Die terrestrischen Kieselalgen, sowie die IR Thermographie, zeigen die Herkunft des Wassers aus der Uferzone an, während die Zuflüsse aus den Hängen und Oberflächenabfluss eine untergeordnete Rolle für die Abflussbildung spielen. Als äußerst wichtig für das Verständnis der Prozesse zeigte sich der Einsatz eines 3-dimensionalen Einzugsgebietsmodells, welches die Dynamik der Sättigungsflächen nachsimulieren konnte und damit Rückschlüsse auf die Verbindung der Uferzone und des Abflussverhaltens ermöglichte.

Konfigurierbare Apps zur Erfassung und Darstellung wasserwirtschaftlicher und wasserbaulicher Daten

Stefan Weinberger

Der Wandel von Geoinformationssystemen (GIS) zu cloudbasierten Lösungen bietet eine geeignete Plattform zur Datenerfassung, medienbruchfreien Digitalisierung und um Inhalte mit anderen Nutzern innerhalb einer Organisation oder im Web zu teilen. Im Rahmen des Vortrags werden wasserwirtschaftliche und wasserbauliche Anwendungsbeispiele von der mobilen Datenaufnahme mit einer App im Gelände bis hin zur Visualisierung im Web-GIS dargestellt. Diese zeigen die Anforderungen an eine durchgängige GIS- Plattform und geben einen Einblick in die Arbeit mit mobilen Workflows in der quantitativen Hydrologie.

Mit dem AppStudio for ArcGIS wird beispielhaft eine Anwendung zur mobilen Erfassung von Fischwanderhindernissen im Gewässer konfiguriert. Dem Außendienstmitarbeiter stehen topografische Karten und Erfassungsmöglichkeiten online und offline zur Verfügung. Die Eintragungen werden dann unmittelbar im Web-GIS synchronisiert und in übersichtlichen Web-Karten, Browser-Apps und Dashboards ausgewertet. So ist es allen beteiligten Akteuren möglich, die Geodaten ohne Verzögerung aufzufinden, in eigene Karten einzubinden und mit anderen Nutzern zu teilen.

Neben dem Einsatz zur mobilen Datenerfassung durch Außendienstmitarbeiter eignet sich die vorgestellte Technologie auch für Crowdsourcing- Anwendungen im Bereich der Hydrologie, die im Anschluss an den Vortrag in der Community diskutiert werden können.

Nutzungskonflikte bei zukünftigen Niedrigwasserzuständen - Analyse und Ableitung von Handlungsempfehlungen an den Beispielen Murg und Kocher

Florian Zeitler, Markus Dotterweich, Benno Rothstein

Das Projekt ist ein Teil des Forschungsprogramms KLIMOPASS 2015 - ‚Klimawandel und modellhafte Anpassung in Baden-Württemberg‘ und identifiziert vorhandene und im Zuge des Klimawandels potenziell auftretende Interessens- und Nutzungskonflikte um die Ressource Wasser sowie die beteiligten Akteure (Energienutzung, Landwirtschaft, kommunale Entwässerung, Ökologie, Tourismus, etc.) in zwei beispielhaften Einzugsgebieten in Baden-Württemberg (Murg und Kocher).

Verstärkt auftretende und länger anhaltende Hitzewellen führen zu verstärkter Wassernutzung durch die Landwirtschaft und zu höheren Gewässertemperaturen, was Auswirkungen auf die Ökosysteme haben kann. Die Verbindung von erhöhtem Wasserverbrauch und Niedrigwassersituationen befördert die Konflikte zwischen den verschiedenen Nutzungsinteressen in den Einzugsgebieten. In einem partizipativen Prozess am Beispiel der Murg und Kocher in Baden-Württemberg werden fachlich fundierte und reproduzierbare Handlungsoptionen für mögliche Auseinandersetzungen um die Ressource Wasser entwickelt. Im Prozess des Managements von Interessens- und Nutzungskonflikten um Querschnittsthemen wie Wasser, müssen ökonomische, gesellschaftliche und ökologische Belange adäquat berücksichtigt werden und in einem partizipativen Prozess zwischen den verschiedenen Akteuren ausgehandelt werden.

Anhand der Beispieleinzugsgebiete sollen der Prozess zur Identifikation von Konflikten, die Ableitung von Konfliktlösungsstrategien und Handlungsempfehlungen beispielhaft durchgeführt werden. Die Moderation und Identifikation von Lösungsansätzen in bestehenden und zukünftigen Interessens- und Nutzungskonflikten um die Ressource Wasser in den Beispielregionen kann als systematische Herangehensweise auch auf andere Regionen in Deutschland übertragen werden.

Innerhalb des Vortrags wird der aktuelle Stand des KLIMOPASS 2015 Projekts präsentiert. Dieser beinhaltet Analyseauswertungen, Identifikationen der Konflikte und Nutzer, sowie erste Ergebnisse der bereits abgeschlossenen partizipativen Workshops bzw. daraus resultierende Handlungsempfehlungen.

Statistische Modellierung von Niedrigwasserkenngößen auf Basis von Trockenwetterindizes

Anne Fangmann, Uwe Haberlandt

Bei der Abschätzung des Einflusses klimatischer Entwicklungen auf das Niedrigwasserregime können statistische Ansätze eine einfache und praktische Alternative zur prozessbasierten Modellierung darstellen. Die meist große räumliche und zeitliche Ausdehnung von Niedrigwasserperioden ermöglicht die Bestimmung statistischer Zusammenhänge zwischen Abfluss und atmosphärischen Einflussfaktoren, die im Idealfall mit hinreichender Genauigkeit für die Prognose zukünftiger Niedrigwasserbedingungen genutzt werden können. In dieser Studie wird die Abhängigkeit hydrologischer Trockenheitsindizes von einer Vielzahl meteorologischer Kenngrößen für das Bundesland Niedersachsen untersucht. Als Basis zur Berechnung der Indizes dienen dabei beobachtete Tagesmittelwerte des Abflusses und zugehörige Gebietsmittel unterschiedlicher Klimavariablen. Um die Eignung multipler Regressionsmodelle zur Schätzung von Niedrigwasserkenngößen im Untersuchungsgebiet abzuschätzen, werden zwei Herangehensweisen getestet: a) die konsekutive Anpassung einzelner Stationsmodelle für Einzugsgebiete mit hinreichender Aufzeichnungslänge des Abflusses und b) die Anpassung eines einzelnen regionalen Modells zur Schätzung von Niedrigwasserkenngößen an unbeobachteten Flussabschnitten und Pegeln mit limitierter Aufzeichnungslänge. Die Stationsmodelle liefern Schätzungen jährlicher Zeitreihen der Niedrigwasserkenngößen bei Input jährlicher Klimaindexwerte. Das regionale Modell dient der Schätzung lokaler L-Momente auf Basis zeitlich aggregierter Klimaindizes unter Hinzunahme physiographischer Einzugsgebietseigenschaften. Mit Hilfe der L-Momente lassen sich Verteilungsparameter und folglich beliebige Quantile der Niedrigwasserindizes bestimmen. Für beide Ansätze werden die Güte der angepassten Modelle und ihre Anwendbarkeit in der Klimafolgenforschung durch Input von Klimamodelldaten überprüft. Die Ergebnisse zeigen, dass die Stationsmodelle durchaus zu einer guten Schätzung der Niedrigwasserkenngößen ausschließlich auf Basis meteorologischer Indizes in der Lage sind. Das regionale Modell weist eine geringere Güte auf, bietet jedoch aufgrund seiner Einfachheit eine schnelle und praktische Möglichkeit zur Abschätzung allgemeiner Änderungssignale im Niedrigwasser.

Ökohydrologische Modellierung eines tidebeeinflussten Einzugsgebietes unter starker anthropogener Nutzung in den sommerfeuchten Tropen

Malte Lorenz, Stephanie Zeunert, Günter Meon

Das Thi Vai Ästuar liegt in Südvietnam im Bereich der sommerfeuchten Tropen, in einer der Hauptentwicklungszonen des Landes. In Folge ungereinigter industrieller Abwassereinleitungen galt das Thi Vai Ästuar von 1990 bis 2008 als ökologisch tot. Erste Erfolge in der Reinigung und Kontrolle von industriellem Abwasser haben zu einer Verbesserung der Wasserqualität des Thi Vai Ästuars geführt, jedoch liegt immer noch eine deutliche Verschmutzung vor. Diese ersten Erfolge in der Verbesserung der Wasserqualität können durch die fortschreitende Entwicklung der Industrie, Bevölkerung und Intensivierung der Landwirtschaft jedoch schnell überholt werden. Bisher liegt das Augenmerk des Wasserqualitätsmanagements ausschließlich an den direkt an das Ästuar angrenzenden Industriezonen. Der Beitrag des Einzugsgebietes zur Belastung des Thi Vai Ästuars wurde bisher kaum berücksichtigt. Um den Belastungsstatus des Thi Vai Ästuars und seiner Zuflüsse zu erfassen, wurde ein Monitoring der Wasserquantität und –qualität initialisiert. Die Wasserqualität des Thi Vai Ästuars und seiner bedeutendsten Zuflüsse wird durch erhöhte Konzentrationen von NH_4 , NO_2 , TSS und zum Teil verringerte O_2 -Konzentrationen beeinträchtigt. Im Rahmen des deutsch-vietnamesischen BMBF-Forschungsvorhabens EWATEC-COAST erfolgte die Entwicklung eines modellbasierten Managementsystems als Instrumentarium zur nachhaltigen Verbesserung der Wasserqualität des Thi Vai Ästuars und des Thi Vai Einzugsgebietes. Das System besteht unter anderem aus dem hydraulischen Wasserqualitätsmodell DELFT 3D und dem ökohydrologischen Einzugsgebietsmodell PANTA RHEI WQ. Das im Rahmen des Forschungsvorhabens entwickelte ökohydrologische Modell PANTA RHEI WQ umfasst Wasserqualitätsroutinen, die eine Interaktion zwischen der aquatischen Biomasse (Algen, Periphyton), Sauerstoff, Nährstoffen und Sediment berücksichtigen. Mit dem Ziel, die zeitliche Dynamik der Dekomposition und Mineralisierung in den sommerfeuchten Tropen plausibel nachbilden zu können, wurden Ansätze verwendet, die eine temporäre Zwischenspeicherung von Nährstoffen in der mikrobiellen Biomasse im Boden berücksichtigen. Des Weiteren werden verbesserte Funktionen zur Berücksichtigung des Einflusses der Bodenfeuchte auf Umsatzprozesse im Boden verwendet. Trotz der eingeschränkten Datenlage konnten mit dem ökohydrologischen Modell aussagekräftige Ergebnisse erzielt werden. Das kalibrierte Modell wurde eingesetzt, um aktuelle Belastungsquellen und Belastungsschwerpunkte im Einzugsgebiet aufzuzeigen. Des Weiteren wurden Bereiche des Thi Vai Ästuars identifiziert, die für Belastungen besonders sensitiv sind. Anhand von Entwicklungsszenarien von Industrie, Landwirtschaft und Bevölkerung wurden Aussagen über die Belastung des Thi Vai Ästuars durch punktuelle und diffuse Quellen im Einzugsgebiet in der nahen Zukunft getroffen.

Bestimmung des langfristigen DOC- und Nitrataustrags aus einem kleinen Einzugsgebiet mit hochaufgelöster UV-Vis Spektrometrie

Michael Schwab, Julian Klaus, Laurent Pfister, Markus Weiler

Die Messung von gelöstem organischen Kohlenstoff (DOC) und Nitrat in Fließgewässern ist von großer Bedeutung. Zum einen sind sie wichtige Größen zur Bestimmung der Gewässergüte, zum anderen können sie als Markierstoff Aufschluss über dominante Abflussprozesse in einem Einzugsgebiet geben. Aufgrund limitierter finanzieller oder technischer Ressourcen war bisher die zeitliche Auflösung der Messungen entweder auf hochaufgelöste Probenahme für einzelne Niederschlagsereignisse oder auf tägliche bis monatliche Beprobungen über einen längeren Zeitraum beschränkt.

Mit Hilfe eines UV-Vis Spektrometers sind wir in der Lage hochaufgelöste Messungen über einen langen Zeitraum durchzuführen. Der UV-Vis Spektrometer spectro:lyser (scan Messtechnik GmbH) wird nach entsprechendem Umbau direkt in einem Gewässer betrieben und liefert hochaufgelöste Messungen von DOC und Nitrat basierend auf dem Absorptionsspektrum des Wassers im Wellenlängenbereich zwischen 220 und 720 nm. Über einen Zeitraum von mehr als 2 Jahren wurden hochaufgelöste Messungen alle 15 Minuten durchgeführt. Als Untersuchungsgebiet dient das Weierbach Einzugsgebiet in Luxemburg, welches 45 ha umfasst, vollständig bewaldet ist und geologisch von Schiefer dominiert wird. Während feuchter Ausgangsbedingungen wird das Abflussverhalten des Weierbachs durch eine schnelle Abflussspitze, die sofort auf ein Niederschlagsereignis folgt, und einem um ein bis zwei Tage verzögerten zweiten Abflussanstieg charakterisiert, der durch Zwischenabfluss hervorgerufen wird. Während die DOC-Konzentration fast gleichzeitig mit der ersten Abflussspitze ansteigt, folgt die Nitrat-Konzentration der verzögerten Abflussreaktion. Herrschen trockene Bedingungen im Einzugsgebiet wird der verzögerte zweite Abflussanstieg nicht beobachtet.

In unserer Forschung verknüpfen wir den DOC- und Nitrataustrag mit dem Niederschlags-Abfluss Verhalten des Einzugsgebiets und untersuchen, wie sich die Faktoren Jahreszeit, Vorfeuchte, Grundwasserstand sowie Niederschlagsdauer- und Intensität auf den Austrag auswirken. Unter anderem konnten wir feststellen, dass ein Großteil des DOC- und Nitrataustrags während feuchter Perioden mit hohen Abflüssen stattfindet. Während trockener Perioden mit niedrigeren Abflüssen wird der DOC-Austrag hauptsächlich von den Eigenschaften der Niederschlagsereignisse beeinflusst. Der Nitrat-Austrag findet überwiegend während der verzögerten Abflussreaktion statt.

Die hochaufgelösten Messungen bieten die Möglichkeit die hochflexible Dynamik von DOC und Nitrat über einen langen Zeitraum zu untersuchen um dadurch ein detaillierteres Bild über das Austragsverhalten und die beeinflussenden Faktoren zu erhalten. Werden die entscheidenden Faktoren für den Austrag gefunden, kann das kleinräumig gewonnene Wissen auch auf größere Einzugsgebiete übertragen werden.

Raum- und Zeitmuster der Nitrat- und Ionenkonzentrationen in der Übergangszone zwischen Fluss und Grundwasser

Nico Trauth, Andreas Musolff, Jan H. Fleckenstein

Die Interaktion zwischen Fließgewässer und dem Grundwasser ist für viele hydrogeologische und biogeochemische Prozesse von Bedeutung. In der Übergangszone zwischen Fluss und angrenzendem Aquifer, in der sich infiltrierendes Flusswasser mit dem Grundwasser mischt, können Schadstoffe zurückgehalten, umgewandelt oder abgebaut werden. Die Ausdehnung dieser Übergangszone ist abhängig von den hydraulischen Gradienten zwischen Fluss- und Grundwasser sowie den hydrogeologischen Verhältnissen und variiert sowohl durch Abflussereignisse als auch saisonal über das hydrologische Jahr. Damit verknüpft sind somit auch der Eintrag von Stoffen, wie z.B. Sauerstoff und Kohlenstoff in den Aquifer, die biogeochemische Prozesse maßgeblich steuern können.

In einem 2 km langen Abschnitt der Flussaue der Selke, im nördlichen Harzvorland, wurden 28 Brunnen und Piezometer in unterschiedlichem Abstand zum Fluss installiert. Über knapp zwei Jahre wurden Grundwasser, Flusswasser sowie ein kleiner Zufluss zur Selke im vierwöchigen Abstand beprobt und hinsichtlich Feldparameter, Kationen, Anionen, DOC, sowie N- und O-Isotope analysiert. Der Fokus lag dabei auf der Verteilung und dem Transport von Nitrat sowie einer möglichen Denitrifikation im flussnahen Grundwasser.

Die Ergebnisse zeigen einen starken Einfluss des Fließgewässers auf das angrenzende Grundwasser der sowohl räumlich als auch zeitlich variiert. Anhand der Analysen können generell zwei hydrochemische Endglieder festgestellt werden: 1) Das Flusswasser der Selke mit relativ geringer Ionen- (< 250 mg/L) und Nitratkonzentration (< 10 mg/L) und 2) dem weit vom Fluss entfernten Grundwasser mit hoher Ionen- (>500 mg/L) und Nitratkonzentration (> 50 mg/L). Mit abnehmender Distanz zum Fluss verringern sich die Ionen- sowie Nitratkonzentration, was sowohl auf eine Durchmischung von Grundwasser mit Flusswasser als auch einen reaktiven Umsatz von Nitrat hinweisen kann.

Die Ionenkonzentration im Fluss- und flussnahe Grundwasser ändert sich kurzzeitig durch Hochwasserereignisse, ist jedoch auch saisonalen Schwankungen unterworfen. So ist das Chlorid/Nitrat - Verhältnis während der Sommermonate im flussnahen Grundwasser lokal niedriger als in den Wintermonaten was auf eine geringere Nitratkonzentration und damit auf einen möglichen Abbau unter wärmeren Bedingungen hinweist. Damit verbunden sind Verschiebungen in der isotopischen Signatur des Nitrats, die ebenfalls auf Denitrifikation hinweisen.

Die Untersuchungen zeigen die Bedeutung der zeitlich-räumlichen Dynamik der Fluss- und Grundwasser Interaktion für das Transport- und Rückhaltevermögen von Nitrat im flussnahen Grundwasser.

Ableitung zeitlich hoch aufgelöster Niederschlagszeitreihen aus RADOLAN-Niederschlagsdaten

Andreas Steinbrich, Markus Weiler

Der Deutsche Wetterdienst (DWD) bietet flächendeckend für Deutschland das Produkt RADOLAN (Radar-Online-Aneichung) in einer zeitlichen Auflösung von 1h und einer räumlichen Auflösung von $\sim 1 \times 1$ km² an. Die Daten sind im Echtzeitbetrieb innerhalb von 30 Minuten verfügbar. Damit stehen räumlich verteilte Niederschlagshöhen als Eingangsdaten für hydrologische Modelle zur Verfügung. Für Niederschläge mit geringen zeitlichen Schwankungen der Intensität, wie es bei lange anhaltenden Landregen der Fall ist, wird die tatsächliche zeitliche Dynamik der Niederschlagsintensität durch die RADOLAN-Stundenwerte noch recht gut wiedergegeben. Konvektive Niederschlagsereignisse mit kurzzeitigen Intensitätsspitzen können dagegen durch Stundenmittelwerte nicht adäquat abgebildet werden. Gerade diese Intensitätsspitzen sind jedoch von großer Relevanz für die Bildung von Oberflächenabfluss in Folge von Infiltrationsüberschuss (Horton'scher Oberflächenabfluss) und somit für die Planung und Modellierung in der Siedlungsentwässerung und für Starkniederschlagsgefahrenkarten.

Um diesem Problem zu begegnen haben wir ein Verfahren entwickelt, um aus den RADOLAN-Stundenwerten zeitlich höher aufgelöste Zeitreihen abzuleiten, die die tatsächliche zeitliche und räumliche Dynamik der Intensitäten besser abbilden können. Dazu wird für jede RADOLAN-Rasterzelle eine stetige Summenfunktion an die kumulativen Niederschlagshöhen angepasst. Aus der stetigen Funktion können dann beliebige Zeitschritte abgeleitet werden. Das Verfahren wurde in Testgebieten in Baden-Württemberg angewendet, für die Niederschlagsstationsdaten in hoher zeitlicher (5 min) vorlagen. Die Anwendung des Verfahrens verbessert die Wiedergabe der tatsächlich gemessenen zeitlichen Intensitätsverteilung gegenüber den Stundenwerten in hohem Maße. Dabei bleibt die Summe des Niederschlags gegenüber den RADOLAN-Stundenwerten unverändert. Zudem haben raum-zeitliche Visualisierungen gezeigt, dass auch der Zug des Niederschlagsgebietes durch das Testgebiet in der gewählten höheren Auflösung realistisch abgebildet werden kann.

Das Verfahren ist einfach und ohne Kalibrierung anzuwenden und kann in bestehende Niederschlags-Abfluss Modelle, die räumlich verteilte Niederschlagsinformation verwenden, implementiert werden. Anwendungen des Verfahrens für das Niederschlag-Abfluss-Modell RoGeR in mesoskaligen Testgebieten in Baden-Württemberg haben gezeigt, dass die Abflussreaktion am Pegel wesentlich besser modelliert wird als mit den 1h RADOLAN Daten. Wir sehen daher ein großes Potential um die Vorhersage von Starkregen und die daraus resultierenden Abflüsse zu verbessern.

Entwicklung einer wahrscheinlichkeitsbasierten Mittelfristvorhersage für die Rheinschifffahrt

Bastian Klein, Dennis Meißner, Stephan Hemri, Silke Rademacher

Für das Management von Gewässern stellt die Vorhersage von Abflüssen und/oder Wasserständen im gesamten Abflussspektrum eine zentrale Planungs- und Entscheidungsgrundlage dar. Vorhersagen sind ein wichtiges Element zur Optimierung der Nutzung und des Betriebs von Wasserstraßen bei Niedrig- und Mittelwasserverhältnissen sowie ein essentieller Baustein des Hochwasserrisikomanagements. Der praktische Nutzen operationeller Vorhersagen ist abhängig von ihrer Zuverlässigkeit und Genauigkeit sowie der verfügbaren Vorhersagelänge. Zu große und für den Nutzer nicht bekannte Unsicherheiten in der Vorhersage können diesen Nutzen im Entscheidungsprozess reduzieren. Die Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG) entwickelt, pflegt und betreibt im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur operationelle Vorhersagesysteme für eine Vielzahl an Bundeswasserstraßen, die mitunter in Kooperation mit Landesbehörden auch zur Hochwasservorhersage eingesetzt werden.

Im Rahmen des F+E-Vorhabens "Seamless Prediction" der BfG wurden in den letzten Jahren Methoden entwickelt, um den Paradigmenwechsel von der deterministischen Vorhersage zur operationellen Quantifizierung und Kommunikation prädiktiver Unsicherheiten zu vollziehen. In der künftigen operationellen Vorhersagepraxis der BfG werden mit der statistischen Post-Prozessierungsmethode Ensemble Model Output Statistics EMOS probabilistische Wasserstandsvorhersagen aus dem mit dem hydrodynamischen Modell berechneten Ensemble von Wasserstandsvorhersagen ermittelt. Um möglichst optimale Abflussvorhersagen für die Randbedingungen und lateralen Zuflüsse des hydrodynamischen Modells zu verwenden, werden bereits die Abflussvorhersagen mit EMOS post-prozessiert. Da zum Antrieb des hydrodynamischen Modells jedoch keine Wahrscheinlichkeitsverteilung sondern einzelne Abflussvorhersage-Trajektorien benötigt werden, kommt zusätzlich die Methode Ensemble Copula Coupling ECC-T zur Anwendung. ECC-T ermittelt eine realistische raum-zeitliche Abhängigkeit der benötigten Zuflussganglinien auf Basis des „rohen“ Ensembles, wobei die Anzahl der ermittelten probabilistischen Abflussvorhersageganglinien der Zahl der Mitglieder des „rohen“ Ensembles entspricht.

Mit dieser probabilistischen Wasserstandsvorhersage erhält der Nutzer im Vergleich zur deterministischen Prognose eine aktivere Rolle bei der Entscheidungsfindung, da ihm alternative Entwicklungen aufgezeigt und risikobasierte Ansätze ermöglicht werden. Die neu entwickelten Verfahren sollen zunächst für die meistbefahrene deutsche Binnenwasserstraße, den Rhein, operationell eingeführt werden. Dazu wird die bereits im Jahr 2008 von zwei auf vier Tage verlängerte deterministische Vorhersage um ein neues 10-Tage-Vorhersageprodukt erweitert, das die prognostizierten Wasserstände an abladerelevanten Pegeln mit abgestuften Wahrscheinlichkeiten kombiniert und für schifffahrtsrelevante Kennwerte (z. B. GIW, HSW) Über- bzw. Unterschreitungswahrscheinlichkeiten bereitstellt.

Saisonale Abfluss- und Wasserstandsprognosen für die Bundeswasserstraßen – Entwicklung neuer Vorhersageprodukte für die Binnenschifffahrt

Dennis Meißner, Bastian Klein, Monica Ionita, Silke Rademacher

Operationelle saisonale Vorhersagesysteme mit Prognosezeiträumen von einem bis zu mehreren Monaten sind in der Hydrologie bisher in Mitteleuropa, insbesondere auf Grund der begrenzten Vorhersagbarkeit in unseren Breiten, kaum im Einsatz. Zahlreiche Nutzer hydrologischer Kurz- und Mittelfristvorhersagen besitzen jedoch großes Interesse auch an längerfristigen Prognosen, da diese grundsätzlich die Möglichkeit eröffnen, Planungen mit längeren Zeithorizonten weitergehend zu optimieren und damit insbesondere die wirtschaftlichen Schäden extremer Abfluss- und Wasserstandssituationen abzumildern. Dies trifft neben zahlreichen anderen Unternehmenszweigen, wie z. B. Energieproduktion oder Wasserversorgung, insbesondere auf die Binnenschifffahrt einschließlich der verladenden Wirtschaft zu.

Vor diesem Hintergrund arbeitet die Bundesanstalt für Gewässerkunde, die seit mehreren Jahrzehnten im Auftrag des Verkehrsministeriums operationelle Vorhersagesysteme für die Bundeswasserstraßen entwickelt, pflegt und betreibt, intensiv an einer Verlängerung der existierenden schifffahrtsbezogenen Vorhersageprodukte über den Kurz- bis Mittelfristbereich hinaus. In den vergangenen zwei Jahren wurden prototypische Vorhersagesysteme aufgebaut, um basierend auf unterschiedlichen methodischen Ansätzen saisonale Abflussvorhersagen für abladerelevante Pegel an den Bundeswasserstraßen zu generieren: 1.) Ensemble Streamflow Prediction, ein Resamplingverfahren historischer Niederschlags- und Temperaturzeitreihen zum Antrieb hydrologischer Modelle, 2.) Kopplung des globalen dynamischen saisonalen Vorhersagesystems (System 4) des ECMWF mit operationellen Einzugsgebietsmodellen und 3.) Multiple lineare Regression globaler und regionaler Klimadaten (Meeresoberflächentemperatur, Meereseisausdehnung, Bodenfeuchte etc.). Aktuelle Untersuchungen analysieren zudem das Potential einer gezielten Kombination der verschiedenen Methoden zu Gunsten einer weiteren Steigerung der Prognosegüte.

Anhand der sehr ausgeprägten Niedrigwassersituation 2015, die an sämtlichen frei fließenden Bundeswasserstraßen mitunter zu signifikanten Einschränkungen für die Binnenschifffahrt führt bzw. geführt hat, stellt dieser Beitrag die Ergebnisse der saisonalen Vorhersageprototypen der BfG in einen aktuellen, praxisrelevanten Kontext. Neben dem konkreten Ereignisbezug werden die von der BfG eingesetzten Methoden über einen 30-jährigen Hindcast-Zeitraum systematisch in Abhängigkeit des Einzugsgebiets / Pegels, der Jahreszeit sowie unterschiedlicher Zielgrößen statistisch validiert, um letztlich die Gretchenfrage zu beantworten: Unter welchen Voraussetzungen können saisonale Abfluss- und Wasserstandsprognosen zukünftig eine gewinnbringende Vorhersageinformation für die Binnenschifffahrt darstellen?

LAWA-Empfehlung zur Klassifizierung des Wasserhaushalts von Einzugsgebieten und Wasserkörpern als hydromorphologische Qualitätskomponente gemäß WRRL – Grundlagen und Praxisanwendung

Dietmar Mehl, Tim G. Hoffmann, Christoph Linnenweber, Eckhard Kohlhas

Die Europäische Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) fordert zur Umsetzung der Gewässerschutzziele eine ökologische Zustandsbewertung für die Oberflächenwasserkörper. Als Qualitätskomponenten sind im Anhang V WRRL vorgegeben: (1) Biologische Komponenten sowie unterstützend (2) Hydromorphologische Komponenten und (3) Chemische und physikalisch-chemische Komponenten.

Angesichts fehlender Grundlagen zur Klassifizierung der hydromorphologischen Komponente „Wasserhaushalt“ hat die Bund-/Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) im Rahmen des Länderfinanzierungsprogramms „Wasser, Boden und Abfall“ ein Forschungsvorhaben zur „Bewertung des Wasserhaushalts von Einzugsgebieten und Wasserkörpern“ (Projekt Nr. O 6.12.) durchgeführt. Die daraus hervorgegangene LAWA-Handlungsempfehlung zur „Klassifizierung des Wasserhaushalts von Einzugsgebieten und Wasserkörpern“ soll in diesem Beitrag näher vorgestellt werden: Zielstellung, Grundlagen, Methodik. Ergänzend werden die Ergebnisse einer landesweiten Anwendung des Verfahrens in Mecklenburg-Vorpommern dargestellt und diskutiert („Praxistest“).

Quellen:

MEHL, D., HOFFMANN, T. G. & MIEGEL, K. (2014): Klassifizierung des Wasserhaushalts von Einzugsgebieten und Wasserkörpern – Verfahrensempfehlung. a) Handlungsanleitung. – Bund-/Länderarbeitsgemeinschaft Wasser [Hrsg.], Ständiger Ausschuss „Oberirdische Gewässer und Küstengewässer (LAWA-AO), Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft, Dresden, 72 S.

MEHL, D., HOFFMANN, T. G. & MIEGEL, K. (2014): Klassifizierung des Wasserhaushalts von Einzugsgebieten und Wasserkörpern – Verfahrensempfehlung. b) Hintergrunddokument. – Bund-/Länderarbeitsgemeinschaft Wasser [Hrsg.], Ständiger Ausschuss „Oberirdische Gewässer und Küstengewässer (LAWA-AO), Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft, Dresden, 161 S.

MEHL, D., HOFFMANN, T. G., LINNENWEBER, CH., FRISKE, V., KOHLHAS, C., MÜHLNER, C. & PINZ, K. (2015): Der Wasserhaushalt von Einzugsgebieten und Wasserkörpern als hydromorphologische Qualitätskomponentengruppe nach WRRL – der induktive und belastungsbasierte Ansatz des Entwurfs der LAWA-Empfehlung. – Hydrologie und Wasserbewirtschaftung 59 (3): 96-108.

Oberflächenwasser/Grundwasser-Interaktion – ein zentrales Element der Schweizer Wasserwirtschaft

Ronald Kozel, Marc Schürch, Michael Sinreich

Die Schweiz ist reich an Grundwasser mit einer im Untergrund gespeicherten Grundwassermenge von rund 150 Milliarden m³. Damit steht auch langfristig eine ausreichende Ressource für die Wasserversorgung in der Schweiz, welche zu über 80% aus Grundwasservorkommen gedeckt wird, zur Verfügung. Grundwasser wird insbesondere für die Trink- und Brauchwassergewinnung, die Bewässerung und die thermische Nutzung verwendet.

Ergiebige Grundwasservorkommen erstrecken sich in der Schweiz vor allem entlang der grossen Flüsse des Mittellandes sowie der Alpentäler, die hydraulisch eng an einander gekoppelt sind. Die Oberflächenwasser/Grundwasser-Interaktion ist entsprechend den hydrologischen Verhältnissen unterschiedlich stark ausgeprägt, mit zeitlich und räumlich wechselnden In- bzw. Exfiltrations-Bedingungen. Die Infiltration von Oberflächenwasser ist nicht nur ein wesentliches Element der Grundwasserneubildung in der Schweiz, sondern trägt infolge des guten Oberflächenwasserzustandes generell zu einer guten Grundwasserqualität bei. Schadstoffe aus dem Oberflächenwasser können aber, insbesondere bei flussnahen Trinkwasserfassungen, die Grundwasserqualität negativ beeinflussen. Bei Hochwasserereignissen können beispielweise Oberflächengewässer mikrobiologisch und bei Niedrigwasser durch chemische Spurenstoffe belastet sein. Auswaschungen von feinkörnigem Sedimentmaterial aus der Flusssohle bei Hochwasser aber auch künstliche Eingriffe im Rahmen von Hochwasserschutzmassnahmen und Renaturierungen können die Selbstreinigungskraft des Untergrundes zumindest temporär herabsetzen. Im Gegenzug trägt das Grundwasser durch Grundwasser-Exfiltration wesentlich zum Abfluss der Oberflächengewässer bei und speist diese insbesondere während längerer Trockenperioden und bei Niedrigwasserverhältnissen.

Im Rahmen der Projekte CCHydro „Auswirkungen der Klimaveränderung auf die Wasserressourcen und die Gewässer in der Schweiz“, des Nationalen Forschungsprogramms „Nachhaltige Wassernutzung“ NFP61 sowie projektbegleitender Studien der Hochwasserschutz- und Renaturierungsmassnahmen an den Flüssen Thur und Rhone wurden die Auswirkungen der Klimaänderung auf die Prozesse bei der Oberflächenwasser/Grundwasser-Interaktion untersucht. Um die Schweizer Wasserwirtschaft auf mögliche Engpässe vorzubereiten, hat der Bundesrat darum im November 2012 einen Bericht mit Lösungsansätzen und Massnahmen für die Bewirtschaftung der Wasserressourcen gutgeheissen. Diese sollen erlauben, lokale Knappheitssituationen kurz- wie langfristig zu bewältigen, indem Risikogebiete identifiziert und hierfür Bewirtschaftungspläne erarbeitet werden. Die so gewonnen Erkenntnisse bilden schlussendlich die Grundlage, die landesweite Wasserversorgung langfristig zu sichern und Auswirkungen künstlicher Eingriffe im Flussbett, z.B. im Rahmen von Hochwasserschutz- und Revitalisierungsmassnahmen, besser beurteilen zu können.

Merging von Radar- und Stationsniederschlägen für unterschiedliche zeitliche Auflösungen und Messnetzdichten

Christian Berndt, Ehsan Rabiei, Uwe Haberlandt

Die Regenschreiberinformationen, welche von Stationsmessnetzen aufgezeichnet werden, weisen für viele Zwecke, z. B. bestimmte Anwendungen in der Stadthydrologie, eine zu geringe räumliche Auflösung auf. Radarmessungen können das Niederschlagsgeschehen räumlich und auch zeitlich mit hoher Auflösung erfassen, weisen jedoch oft eine deutliche Abweichung hinsichtlich der Niederschlagshöhe der Stationsmessungen auf. Gründe für diese Ungenauigkeiten sind u. a. räumliche und zeitliche Abweichungen der Beziehung von Radarreflektivität und korrespondierender Niederschlagsintensität. Durch die hohe zeitliche Auflösung der Niederschlagsinformationen sind automatische Ansätze erforderlich um die großen Datenmengen hinsichtlich einer optimalen Niederschlagsschätzung zu optimieren. Im Rahmen dieser Arbeit wurden unterschiedliche Methoden, welche ein Kombinieren bzw. Verschmelzen der Stationsmessungen mit den Radarinformationen (Merging) erlauben, untersucht.

Es wurden die drei geostatistischen Methoden External Drift Kriging, Indikator External Drift Kriging und Conditional Merging mittels Kreuzvalidierung verglichen. Zusätzlich erfolgte die Kreuzvalidierung auch für Ordinary Kriging, welches ausschließlich die Stationsmessungen des Niederschlags verwendet und somit eine Art univariate Referenz der Niederschlagsschätzung darstellt. Das Untersuchungsgebiet liegt in Niedersachsen, deckt die Messreichweite der Radarstation Hannover ab und beinhaltet 90 Regenschreiber, deren kontinuierliche Zeitreihen von Januar 2008 bis Dezember 2010 verwendet wurden. Die Untersuchungen erfolgten für acht unterschiedliche zeitliche Aggregationszeiträume von 5 min bis 360 min und fünf unterschiedliche Stationsdichteszenarien. Zusätzlich wurde der Einfluss der Radardatenqualität untersucht.

Die Ergebnisse zeigen, dass Conditional Merging für alle Kombinationen von Stationsdichte und zeitlicher Auflösung die beste Interpolationsgüte liefert. Auch für 5 min kann eine Verbesserung gegenüber Ordinary Kriging erreicht werden. Insgesamt ist die Güte allerdings stark von der Qualität der Radardaten abhängig und eine räumliche bzw. zeitliche Glättung kann das Interpolationsergebnis deutlich verbessern. Der Fehler der Niederschlagsschätzung steigt generell mit der Erhöhung der zeitlichen Auflösung und mit der Verringerung der Stationsdichte.

Anwendungsbeispiele für quadropterbasierte Messungen von Oberflächengeschwindigkeiten an Fließgewässern

Martin Detert, Volker Weitbrecht

Seit 2014 setzt die Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie der ETH Zürich (VAW) Low-Cost-Quadropter in Kombination mit handelsüblichen Actioncams für die Vermessung von Oberflächengeschwindigkeitsfeldern an Fließgewässern ein. Dieser Beitrag stellt verschiedene Anwendungsfälle an den typischen Schweizer Mittellandflüssen Töss, Thur und Surb vor. Im Zuge der automatisierten Auswertung wird jedes Einzelbild des Videomaterials über Bodenreferenzpunkte georeferenziert. Neben Orthofotos können auf diese Weise mittels Structure-from-Motion-Technik 3D-Geländemodelle des Untersuchungsgebietes erstellt werden. Die durch Georeferenzierung stabilisierten Videoaufnahmen werden mithilfe eines Particle-Image-Velocimetry-Verfahrens, welches einzelne zeitlich aufeinanderfolgende Bildbereiche miteinander korreliert, in Oberflächengeschwindigkeitsfelder umgerechnet. Typisch ist die Vermessung von Flussabschnitten mit mehreren hundert Meter Länge bei einer Rasterauflösung von 1.0×1.0 m² und 50% Überlappung. Ein Vergleich der für die Thur ermittelten Geschwindigkeitsfelder mit zeitgleich aufgenommenen, akustischen Geschwindigkeitsmessungen zeigt eine für Feldmessungen äusserst befriedigende Genauigkeit und verdeutlicht das hohe Potenzial dieser neuen Technik. Anwendungsbereiche sind z.B. die Dokumentation von grossflächigen Geschwindigkeitsfeldern vor und nach Massnahmen zur Dynamisierung eines Gewässers, die Schätzung von Abflussraten, sowie Detailuntersuchungen zu den Strömungsfeldern an Wasserkraftwerken oder Fischleiteinrichtungen.

Saisonale Vorhersage von Wasserhaushaltskomponenten in einem alpinen Einzugsgebiet – Wissenschaftliche Spielerei oder praxistaugliches Werkzeug?

Kristian Förster, Florian Hanzer, Johannes Schöber, Matthias Huttenlau, Stefan Achleitner, Ulrich Strasser

Die saisonale Vorhersage von Komponenten des Wasserkreislaufs ist eine wichtige, aus der Praxis kommende Fragestellung an die Wissenschaft. Aktuelle Bestrebungen und Herausforderungen in der Hydrologie bestehen bei aktuellen Entwicklungen im Bereich der "seamless prediction" (sinngemäß: übergangsfreie Vorhersage). Solche saisonalen Vorhersagen sind z.B. für Niedrigwasservorhersagen von Interesse und sind Gegenstand gegenwärtiger Forschungen. Hingegen werden die neuesten wissenschaftlichen Erkenntnisse bisher nur wenig in der Praxis genutzt, obwohl es bereits renommierte Pionierarbeiten gibt.

Neben statistischen Verfahren kommen auch gekoppelte Ozean-Atmosphäre-Klimamodelle zum Einsatz, die jedoch als Anfangswertproblem und nicht für Klimaszenarien konfiguriert werden. Die meteorologischen Daten können in hydrologischen Modellen für Vorhersagen weiterverwendet werden. Wagt man einen ersten Blick auf die kommende Wintersaison, so weisen umfangreiche Ensemble-Auswertungen des Climate Forecast Model version 2 (CFSv2) auf einen weitaus überdurchschnittlich milden Winter 2015/16 hin. Andere, medial präsentere Aussagen zu dieser Entwicklung, wie etwa die der vielbeachteten Wetterkerze vom Haslinger Sepp, deuten auf das genaue Gegenteil mit einem Jahrhundertwinter hin. Unabhängig von diesen Positionen, wird man am Tag der Hydrologie im März 2016 in Koblenz genauer sagen können, wie der Winter 2015/16 aus hydrologischer Sicht verlaufen sein wird.

In diesem Beitrag wird ein Überblick über die kostenfreien Daten des physikalisch basierten CFSv2-Modells gegeben und es wird eine beispielhafte Anwendung mit dem Wasserhaushaltsmodell AWARE (Alpine Water balance And Runoff Estimation model) vorgestellt. Erste Tests basieren auf Prognosedaten vergangener Wintersaisonen, die der passiven Modellkopplung als Antrieb dienen. Dabei werden das Wasseräquivalent der Schneedecke und der Abfluss tatsächlich vorgefunden Zuständen gegenübergestellt und bewertet. Bei der aktuellen Wintersaison 2015/16 wird eine erste Zwischenevaluierung vorgenommen. Aufbauend auf der Vorhersagegüte werden die Praxistauglichkeit der Vorhersagen im Hinblick auf verschiedene wasserwirtschaftliche Fragestellungen aufgezeigt.

Sind Sölle autonome limnische Systeme oder Grundwasserblänken?

Christoph Merz, Gunnar Lischeid, Jörg Steidl, Thomas Kalettka

Sölle spielen bezüglich der regionalen Wasser- und Stoffdynamik jungpleistozäner Landschaften eine wichtige Rolle, auch wenn sie nur wenige Prozent der Fläche ausmachen. Untersuchungen zur Biogeochemie von Söllen betrachten diese in der Regel als autonome limnische Systeme, die durch Oberflächenabfluss und lokalen Zwischenabfluss gespeist werden. Das Soll wird in diesem Zusammenhang als abgedichtete Senke interpretiert, die allenfalls Sickerverlust aufweisen kann. Laterale Interaktionen mit dem lokalen Grundwasser werden weitgehend ausgeschlossen.

Neuere Beobachtungen in der Uckermark legen aber eine andere Interpretation der hydraulischen Dynamik von Söllen nahe. Nach dieser Sicht spiegeln die dortigen Sölle eine freie Grundwasseroberfläche an der Schnittstelle des lokalen Grundwasserhorizontes mit der topographischen Geländeoberfläche wider – eine Situation, die für größere Seen typisch ist. In diesem Fall sind Sölle nicht als isolierte hydrologische Senken in der Landschaft zu sehen, sondern als integrativer Bestandteil einer durchflossenen Grundwasserlandschaft mit potenziellen Auswirkungen auf die regionale Wasser- und Stoffdynamik. Aufgrund der geringen Größe der Sölle wäre die Verweilzeit des durchströmenden Grundwassers jedoch deutlich geringer als in größeren Seen, was gravierende Auswirkungen auf den Stoffumsatz hätte.

Die Untersuchungen zur Aufklärung der grundlegenden hydraulischen Verhältnisse wurden exemplarisch an zwei Söllen im Einzugsgebiet des Quillows, einem westlichen Nebengewässer der Ucker in Nordost-Brandenburg, durchgeführt. Ziel war die Interpretation der Wasserstands- und Stoffdynamik der Sölle im Vergleich zum regionalen Grundwasser. Mit Hilfe einer multivariaten Zeitreihenanalyse der Grundwasser- und Sollwasserstands-Ganglinien wurden unterschiedliche hydraulische Muster von Grundwasserhorizonten und Söllen unter Berücksichtigung der kumulativen klimatischen Wasserbilanz analysiert und verglichen. Die hydraulischen und geochemischen Beobachtungen zeigten eine Dynamik, die eine Anbindung der Sollkörper an die Dynamik des oberen Grundwasserhorizontes wahrscheinlich erscheinen lässt.

Auf Grundlage dieser Analysen wurde ein konzeptionelles hydrologisches Modell zur Beschreibung der Interaktion zwischen Soll und Grundwasserleiter entwickelt und mit Hilfe des Modells HydroGeoSphere validiert.

Wechselwirkungen von abiotischen Faktoren und Phytoplanktongemeinschaften im Einzugsgebiet der Treene, Norddeutschland

Yueming Qu, Kriste Makareviciute, Naicheng Wu, Björn Guse, Marcelo Haas, Nicola Fohrer

Um die Auswirkungen abiotischer Faktoren auf Phytoplanktongemeinschaften in Tieflandflüssen zu untersuchen, wurden beispielhaft 59 Standorte im Einzugsgebiet der Treene im Dezember 2014 beprobt und das Phytoplankton in zwei Ansätzen anhand taxonomischer und funktioneller Gruppen untersucht. Beide Ansätze führten in unseren Untersuchungen zu übereinstimmenden Ergebnissen. Dabei wurde eine hohe räumliche Heterogenität des Phytoplanktons im untersuchten Einzugsgebiet festgestellt. Insgesamt wurden 327 Arten mit Zugehörigkeit zu sechs taxonomischen Gruppen beobachtet. In den meisten Teilen des untersuchten Gebietes dominierten Bacillariophyta, speziell bentische Formen (funktionelle Gruppen (FG): TB, MP). Cyanobakterien (FG: M, S1), die typischerweise in Seen zu finden sind, wurden im Hauptstrom der Treene nachgewiesen und schienen angepasst an die Bedingungen im Fluss. Weiterhin wurden höhere Anteile an Euglenophyta (FG: W1, W2) im Oberlauf des Hauptflusses sowie in den Oberläufen der Zuflüsse im Vergleich zu den Unterläufen gefunden.

Eine Redundanzanalyse (RDA) zeigte, dass die Art der jeweiligen Landnutzung und physikochemische Faktoren die Varianz der Phytoplanktongemeinschaften beeinflussen. Die erklärte Gesamtvarianz (68,4%) der Phytoplanktondaten unterteilte sich in drei Teile: reine physikochemische Faktoren hatten einen Anteil von 24,1%, gefolgt von reinen Landnutzungseigenschaften (15,6%); die gemeinsamen Effekte erklärten 24,1%. Funktionelle Gruppen von W1, W2 wiesen eine enge Korrelation mit dem prozentualen Anteil der landwirtschaftlichen Nutzung auf. Die prozentualen Anteile von Siedlungen und die Phosphatkonzentration standen in Zusammenhang mit den funktionellen Gruppen Lo, M, N, welche mesotrophe bis eutrophe Bedingungen im Gewässer anzeigen. Die unerklärte Varianz (31,6%) resultiert wahrscheinlich aus hydrologischen und hydraulischen Eigenschaften, die in darauffolgenden Untersuchungen betrachtet werden.

Keywords: Phytoplankton in Tieflandflüssen, abiotische Faktoren, RDA, Treene Einzugsgebiet

Begründung „weniger strenger Umweltziele“ nach EG-WRRL: Praktische Anwendung des Verfahrens „neuer Leipziger Ansatz“ auf eine Fallstudie in Tschechien

Katja Sigel, Jan Machac, Bernd Klauer

Im Dezember 2015 beginnt der zweite, sechsjährige Bewirtschaftungszyklus nach EG-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL). Die überprüften und aktualisierten Bewirtschaftungspläne und Maßnahmenprogramme sollen das Erreichen der Umweltziele bis 2021, spätestens jedoch 2027, gewährleisten. Trotz einiger Fortschritte fällt die aktuelle Bilanz zur Umsetzung der EG-WRRL in Europa ernüchternd aus: Fast die Hälfte aller Wasserkörper haben das Ziel des „guten Zustands“ noch nicht erreicht. Spätestens 2021 müssen die Mitgliedstaaten für alle Wasserkörper, die den „guten Zustand“ bis 2027 voraussichtlich verfehlen werden, „weniger strenge Umweltziele“ festlegen und begründen (Art. 4 Abs. 5 WRRL). Gründe hierfür können insbesondere „unverhältnismäßig hohe Kosten“ sein. In ihrem aktuellen Evaluierungsbericht bemängelt die Europäische Kommission, dass bislang „zu viele Ausnahmen gewährt wurden“ und dass die Ausnahmeregelungen „ohne triftigen Grund angewendet“, d.h. nicht hinreichend begründet wurden.

Vor diesem Hintergrund hat das Helmholtz Zentrum für Umweltforschung – UFZ Leipzig ein Verfahren entwickelt, mit dem die Unverhältnismäßigkeit von Kosten für ein konkretes Oberflächengewässer geprüft werden kann. Dieses Verfahren, der sogenannte „neue Leipziger Ansatz“ (Klauer et al. 2015, Sigel et al. 2015), kombiniert Zumutbarkeitsbetrachtungen auf nationaler Ebene mit Kosten-Nutzen-Abwägungen auf der Ebene von Wasserkörpern. Es ist so konzipiert, dass es von den Behörden mit vergleichsweise wenig Aufwand an vielen Oberflächenwasserkörpern durchgeführt werden kann. Derzeit wird das Verfahren auf seine praktische Anwendbarkeit in Deutschland geprüft. Grundsätzlich ist es jedoch auch auf andere Mitgliedstaaten übertragbar. Voraussetzung hierfür ist, dass die durchschnittlichen staatlichen Ausgaben im Bereich Gewässerschutz in der Vergangenheit bekannt sind (gemessen in € pro km² Einzugsgebiet und Jahr). Sie dienen als Anhaltspunkt für die finanzielle Belastbarkeit des Staates. Ausgehend von dieser nationalspezifischen Zumutbarkeitsschwelle kann dann mithilfe von Kosten-Nutzen-Abwägungen wie sie im „neuen Leipziger Ansatz“ beschrieben sind eine wasserkörperspezifische Kostenschwelle für Unverhältnismäßigkeit berechnet werden.

In diesem Beitrag wird das Verfahren „neuer Leipziger Ansatz“ auf Tschechien übertragen und anhand einer Fallstudie getestet. Dabei handelt es sich um das Einzugsgebiet Lomnický potok in Westböhmen (Fläche: 91 km²), das aufgrund von Phosphoreinträgen stark eutrophiert ist. Die Ergebnisse werden vor dem Hintergrund der in Deutschland bereits gesammelten Erfahrungen zum „neuen Leipziger Ansatz“ kritisch diskutiert. Abschließend wird eine erste Einschätzung hinsichtlich der Übertragbarkeit des Verfahrens auf andere Mitgliedstaaten vorgenommen.

Passive hyporheic flux meter - measuring nitrate flux to the reactive sites in the river bed

Julia Vanessa Kunz, Michael Annable, Michael Rode, Dietrich Borchardt

Most European lowland rivers are afflicted by high nitrate loads, modified morphology and discharge regulations, resulting in restricted capacity to retain nitrate. In those nutrient saturated rivers, sediment bound denitrification is the only process by which nitrate is removed from the system.

Despite the importance of the hyporheic zone in nutrient reduction, we are lacking detailed information on the transport to and retention at those reactive sites. Especially the quantification of nutrients subjected to hyporheic processes is still technically difficult

Passive flux meters have successfully been used to measure contaminant transport to aquifers (eg Cho and Annable 2007).

Here we present how a modification of those samplers can be used to quantify nitrate flux to and intermediate storage patterns in the interstices of an agriculturally impacted river. Installed in the river bed sediments, water flux and nutrient quantities passing through the device are recorded. While the amount of water flux serves as an index for connectivity of the hyporheic zone (exchange surface-subsurface water) the nitrate flux through the device can be seen as the portion of nitrate subjected to denitrification.

The generated data on solute behavior in hyporheic zones are the missing puzzle to in-stream nitrate dynamics.

Complementing flume and tracer experiments our approach depicts how discharge, morphology and sediment characteristics control the denitrification rate via the connectivity of the hyporheic zone. Passive hyporheic flux meter are a novel method to directly asses the quantity of removed nitrate by an in situ experiment.

Mobile Gewässerstrukturkartierungen

Norman Goebel

Die Europäische Union hat mit der seit Dezember 2000 gültigen Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) in allen Mitgliedsstaaten der EU einheitlich geltende Umweltziele für den Schutz des Grundwassers und der Oberflächengewässer aufgestellt. Damit wurde eine rechtliche Basis für einen EU-weiten Gewässerschutz geschaffen. Die Kenntnis über strukturelle Eigenschaften und fischbiologische Durchgängigkeit der Fließgewässer sind essenzielle Fachinformationen für die Umweltverwaltungen. Sie bilden eine wichtige Grundlage sowohl für die Planung und Umsetzung hydromorphologischer Maßnahmen als auch für die Gewässerentwicklungsplanung.

Für eine qualitativ und quantitativ hinreichende Datenbasis ist eine flächendeckende Erfassung der Gewässerstruktur und Durchgängigkeit im Gelände erforderlich. Um eine effektive Zusammenarbeit mit den Ingenieurbüros sowie eine konsistente Anbindung an bestehende Datenbanken zu gewährleisten, wurde eine Felderfassungssoftware entwickelt (GSKmobil). Diese musste flexibel auf das Projekt der Gewässerstrukturkartierung anzupassen sein, und sollte die Kartierer optimal bei der Vor-Ort-Erfassung unterstützen.

GSKmobil ermöglicht eine optimale Zusammenarbeit mit den beauftragten Ingenieurbüros. Mit Hilfe der Lösung kann der Auftraggeber die komplette Bearbeitung koordinieren und die Datenverarbeitung über standardisierte Workflows effizient steuern. Es kann von Beginn an eine Harmonisierung der Daten sowohl für die Abgabe an die Büros als auch für die Abnahme sichergestellt werden. Alle Daten lassen sich somit schnell und qualitätsgesichert in den Gesamtbestand integrieren.

Die Ingenieurbüros werden durch GSKmobil bei ihren Aufgaben, insbesondere bei der Felderfassung unterstützt. Von zentraler Bedeutung sind hier die Funktionen, die eine effiziente Datenerfassung in hoher Qualität ermöglichen. GSKmobil enthält viele fachspezifische Auswahllisten und überprüft bereits während der Datenerfassung die korrekte Eingabe. Unmittelbar nach der Erfassung kann der Kartierer mit weiteren komplexen Plausibilitätstests die Daten auf mögliche Inkonsistenzen überprüfen. Zu diesen Tests gehört insbesondere auch die Berechnung und Anzeige der Bewertung der Gewässerstruktur auf Basis der erfassten Daten. Wichtiger Bestandteil der Kartierungen ist neben der Erhebung der nominellen Daten auch eine Dokumentation der Gewässer mit Fotografien. Hilfsfunktionen in GSKmobil ermöglichen dem Kartierer, die Fotos den Gewässern automatisiert zuzuordnen.

Anhand von Kartierungen des Landesamts für Umwelt in Bayern werden praktische Erfahrungen dargestellt.

Gewässerinformationen transdisziplinär analysieren mit der Software Dive4Elements River

Tom Gottfried, Sascha L. Teichmann, Bernhard Reiter

Komplexe Zusammenhänge zwischen hydrologischen, morphologischen, topographischen und weiteren Eigenschaften von Gewässern und ihren Einzugsgebieten erfordern für ihre Analyse die Verfügbarkeit umfangreicher Daten. Eine solche Betrachtung schließt mehrere Fachdomänen mit ein, die wiederum meist eigene Datenhaltungen für ihre jeweiligen Fachdaten verwenden, die teils sehr umfangreich sein können. Transdisziplinäre Analysen können somit durch Software-Werkzeuge erleichtert werden, welche die Aggregation von unterschiedlichen Datenquellen ermöglichen. In Kombination mit integrierten Fachverfahren ergibt sich die Möglichkeit durch unterschiedliche Nutzer reproduzierbare und standardisierte Analyse-Ergebnisse zu produzieren. Die Veröffentlichung als Freie Software (Open Source) ermöglicht zudem jedem, die Funktionsweise des Programms zu untersuchen, und es an seine Bedürfnisse anzupassen. Die Entwicklung der Software Dive4Elements River hat zum Ziel, ein solches Werkzeug zu schaffen.

Hierzu wurde die Desktop-Software FLYS (Flusshydrologische Software) auf eine webbasierte Plattform als Basis für den Fachdienst FLYS der BfG (<http://www.bafg.de/FLYS>) umgebaut und unter dem Namen "Dive4Elements River" als Freie Software veröffentlicht (<http://dive4elements.org/river.html>). Für die Haltung bestimmter hydrologischer, morphologischer und geographischer Fachdaten wurde ein spezielles Relationen-Modell implementiert. Gleichzeitig wurden Schnittstellen für externe Systeme geschaffen. Etablierte und neue Verfahren z.B. zur Analyse von Wasserspiegellagen aus hydrologisch-hydraulischen Modellen, von Fixierungen und morphologischen Parametern wurden implementiert und mit Möglichkeiten für Visualisierung und Export der Ergebnisse versehen. Um die Ergebnisse mit im jeweiligen Kontext nach fachlichen Gesichtspunkten sinnvollen weiteren Daten und Berechnungsergebnissen kombinieren zu können, wurde die Möglichkeit geschaffen, entsprechende Abfragen zu konfigurieren und dem Nutzer zur Verfügung zu stellen.

Das Ergebnis ist eine Fachanwendung, die komplexe Analysen von Gewässer-Eigenschaften ermöglicht, dabei aber verhältnismäßig einfach zu bedienen ist und keinerlei Kenntnisse über die speziellen technischen Eigenschaften der verschiedenen Datenquellen erfordert. So werden bei der Verwendung für den Fachdienst FLYS der BfG bestehende Systeme wie das Digitale Pegelstammbuch der WSV (DIPS) und die zentrale Sedimentdatenbank (SedDB) der BfG für den Nutzer transparent integriert. Durch die Veröffentlichung als Freie Software ist es aber dennoch für jeden möglich, die technischen Details einzusehen und Konfiguration und Quellcode für eigene Anwendungen zu verändern, Verbesserungen einzubringen, oder mit einer eigenen Installation der Anwendung etwas auszuprobieren.

Organischer Stickstoff in Fließgewässern – eine lang unterschätzte Komponente in der Stickstoffbilanz

Lutz Breuer

Mit der industriellen Produktion und dem Einsatz von mineralischen Düngemitteln wurde die Landwirtschaft revolutioniert. Dabei wurden und werden die Auswirkungen wie eine erhöhte Eutrophierung, Verschlechterung der Trinkwasserqualität, Versauerung, Reduzierung der Artenvielfalt oder die Emission von klimarelevanten Spurengasen billigend in Kauf genommen. Lange Zeit wurde der Fokus im Monitoring auf gelöste anorganische Stickstoffverbindungen (NO_3^- , NH_4^+) gelegt. In den vergangenen Jahren ist jedoch der Blick auf organische Stickstoffverbindungen im Stickstoffkreislauf erweitert worden. Neben der Rolle in Böden und Pflanzen wurde auch deren Bedeutung in Gewässern vermehrt zur Kenntnis genommen. Dabei geht man davon aus, dass organische Verbindungen vor allem in natürlich geprägten Einzugsgebieten von Relevanz sind (natural organic tendency) und mit zunehmender Intensivierung der Landnutzung anorganische Stickstoffverbindungen dominieren.

In dieser Präsentation werden Ergebnisse aus 19 Feldstudien in 14 Untersuchungsgebieten aus Dänemark, Deutschland, Frankreich, Schottland und Spanien vorgestellt. Methodisch wurden snap shot samplings bei Niedrigwasserabflüssen durchgeführt und die Wasserproben hinsichtlich der Konzentrationen von gelöstem Gesamtstickstoff (TDN) und gelöstem anorganischem Stickstoff ($\text{DIN} = \text{NO}_3^- + \text{NH}_4^+$) analysiert. Gelöster organischer Stickstoff wurde als Differenz aus $\text{DON} = \text{TDN} - \text{DIN}$ berechnet. Unabhängig von der dominierenden Landnutzung und der Intensität zeigte sich im Mittel ein Anteil von 20% DON an den gefundenen gelösten Gesamtstickstoffkonzentrationen. Je nach Einzugsgebietscharakteristika kann der Anteil aber auch deutlich ansteigen, zum Teil unabhängig vom Anteil der landwirtschaftlichen Nutzfläche im Einzugsgebiet. DON wird bei der klassischen N-Bilanzierung auf Einzugsgebietsebene zu meist völlig ignoriert. Es gibt somit berechtigte Gründe organische Stickstoffverbindungen in Fließgewässern zukünftig intensiver zu untersuchen.

Wasserbeschaffenheit beim Niedrigwasser der Elbe 2015 – Monitoring, Ergebnisse und historischer Vergleich

Gerd Hübner, Daniel Schwandt

Von Juli bis Mitte Oktober 2015 prägte eine langanhaltende Niedrigwasserphase das Abflussgeschehen der Elbe. Dieses Extremniedrigwasser erstreckte sich erstmals nach 1964 auf die gesamte Elbe zwischen der Staatsgrenze D / CZ und Geesthacht.

Mit dem „Messprogramm für hydrologische Extremereignisse an der Elbe“ wurde die Wasserbeschaffenheit während des Niedrigwassers vom 20.7. bis 19.10.2015 an Messstellen der Elbe, Saale, Mulde und Havel durch die zuständigen Landesbehörden und kooperierende Institutionen untersucht. Das Messprogramm umfasst Feldkenngrößen, Hauptionen, Schwermetalle, organische Schadstoffe und bakteriologische Indikatoren. Die Messwerte wurden zeitnah sukzessive auf der Informationsplattform Undine veröffentlicht (<http://undine.bafg.de/>). Monitoringkonzept und ausgewählte Ergebnisse dieses Messprogramms werden dargestellt und Vergleiche mit extremen historischen sommerlichen Niedrigwasserereignissen der Elbe vorgenommen.

Entwicklung von Abflüssen und Wasserständen in Gewässern im östlichen und südlichen Afrika

Meike Pendo Schäfer, Ottfried Dietrich

Im Laufe des letzten Jahrhunderts kam es zu Veränderungen im Wasserhaushalt vieler afrikanischer Flusseinzugsgebiete, häufig verbunden mit Wasserknappheit für die betroffenen Menschen und Ökosysteme, aber auch mit Zunahmen von Hochwasserereignissen. Besonders die ausreichende Verfügbarkeit von Wasser ist eine wichtige Voraussetzung für eine nachhaltige landwirtschaftliche Entwicklung und die damit verbundene Ernährungssicherung. Ziel einer Studie im Rahmen des vom BMBF geförderten Trans-SEC Projektes (FKZ: 031A249A, <http://project2.zalf.de/trans-sec/public/>) war daher eine umfassende Darstellung von Informationen über die Entwicklung von Wasserressourcen in Ländern des östlichen und südlichen Afrikas in den letzten 50 Jahren, sowie eine anschließende systematische Analyse von Mustern, Trends, und Zusammenhängen zwischen der Art und Quantität der beschriebenen Veränderungen, sowie der zu Grunde liegenden Ursachen.

Die Ergebnisse zeigen dass die Veränderungen in erster Linie von anthropogenen Faktoren, vornehmlich Landnutzungsveränderungen und Wasserentnahmen für Bewässerung, bedingt werden. Die am häufigsten genannten Veränderungen in diesem Zusammenhang sind eine generelle Zunahme des Oberflächenabflusses und der Hochwasserereignisse in der Regenzeit, sowie eine Abnahme des Abflusses in der Trockenzeit. Die treibende Kraft hinter den anthropogenen Faktoren ist das starke Bevölkerungswachstum in Ost- und Südafrika, welches zu einem generell höheren Wasserbedarf, aber durch den Vorrang von kleinbäuerlichen Anbaustrukturen auch zu einer starken Ausdehnung der landwirtschaftlich genutzten Fläche führt. Klimatische Faktoren spielen eine untergeordnete Rolle.

Räumlich lassen sich zwei Regionen eingrenzen, in denen besonders starke Veränderungen in den letzten 50 Jahren beschrieben wurden: der nördliche Afrikanische Grabenbruch, sowie die Gegend um den Victoriasee und den südlichen Grabenbruch bis hin zur Küste des Indischen Ozeans in Tansania. In diesen Gebieten gibt es bereits zahlreiche Konflikte um Wasser- und Landressourcen, welche gegenwärtig durch die Intensivierung der landwirtschaftlichen Produktion, z.B. in Form von bewässerten Anbaufrüchten für den Exportmarkt, verschärft werden.

Mit Hinblick auf eine nachhaltige Verbesserung der Ernährungssicherung sollten hier die häufig gegenläufigen Interessen der Akteure noch deutlicher vor dem Hintergrund limitierter natürlicher Ressourcen abgewogen werden. Insbesondere landwirtschaftliche Entwicklungsstrategien müssen dabei auch auf Einzugsgebietsebene mögliche Auswirkungen auf den Wasserhaushalt berücksichtigen.

Smart Data in der Hydrologie: Neue diagnostische Werkzeuge

Gunnar Lischeid, Thomas Kalettka, Christoph Merz, Jörg Steidl

„Big Data“, d.h., die Verfügbarkeit und die gezielte Nutzung sehr großer Datensätze, hat in der Wirtschaft zur Entwicklung sehr lukrativer neuer Geschäftsmodelle geführt. Daten stehen auch in der Hydrologie und Wasserwirtschaft zunehmend in großer Menge und guter Qualität zur Verfügung. Das Potential großer Datensätze kann aber, ähnlich wie in der IT-Wirtschaft, nur dann genutzt werden, wenn auch entsprechende Verfahren zur Analyse der Daten genutzt werden. Nur dann wird aus „Big Data“ tatsächlich „Smart Data“. Im Bereich der Wasserwirtschaft und der Umweltbehörden stellt sich dabei insbesondere die Frage, inwieweit moderne „smarte“ Verfahren als diagnostische Werkzeuge genutzt werden können, um die Wirksamkeit vorgenommener Maßnahmen überprüfen oder generell anthropogene von natürlichen oder Klimawandel-Effekten unterscheiden zu können. In der Praxis sind entsprechende Modelle aufgrund des hohen Arbeits- und Zeitaufwandes und der erforderlichen speziellen Expertise dafür oft nur sehr eingeschränkt nutzbar. In der hydrologischen Forschung hat die Entwicklung und Bereitstellung entsprechender leistungsfähiger diagnostischer Werkzeuge allerdings bisher keinen großen Stellenwert eingenommen. Inzwischen liegen jedoch einige vielversprechende Ansätze vor, die mit vergleichsweise geringem Aufwand sehr effiziente Analysen zur Beantwortung Praxis-relevanter Fragestellungen erlauben. Sie basieren auf folgenden Annahmen:

- 1) Einzelne Ursachen haben vielfältige Auswirkungen. Umgekehrt spiegeln beobachtete zeitliche oder räumliche Muster das Zusammenspiel unterschiedlicher Prozesse oder Einflussgrößen wider.
- 2) Die Zahl der dominierenden Prozesse oder Einflussgrößen ist jedoch klein.
- 3) Hydrologische Systeme sind selten wirklich stationär, sondern unterliegen kontinuierlichen Veränderungen.

Zur Analyse eines umfangreichen Datensatzes der Beschaffenheit von Grund-, Fließ- und Standgewässern in der Uckermark (96 Messstellen, 2449 Proben) wurden Selbstorganisierende Karten, kombiniert mit Sammon's Mapping, eingesetzt. Insbesondere die kleinen Standgewässer wiesen eine sehr hohe zeitliche und räumliche Heterogenität auf, die eine natur-schutzfachliche Bewertung sehr erschweren. Mit dem verwendeten Ansatz konnten besonders auffällige Gewässer schnell identifiziert, konsistente Trends in vielen Fließgewässern bestimmt und der Zusammenhang zwischen verschiedenen Oberflächen- und Grundwässern dargestellt werden. Schließlich ließ sich damit auch die völlig unterschiedliche kurzfristige zeitliche Dynamik in den Fließ- und in den Standgewässern nachweisen, die auf unterschiedliche Mechanismen zurückgeführt werden konnte. Dieser Ansatz erwies sich damit als sehr effizient, schnell zu einer ersten Bewertung großer, heterogener Datensätze der Umweltbeobachtung zu kommen und kritische räumliche Muster oder zeitliche Entwicklungen zu identifizieren.

Starkniederschlagsrelevante Wetterlagen und Zugbahnen von Tiefdruckgebieten

Michael Hofstätter, Jucundus Jacobeit, Markus Homann, Annemarie Lexer, Andreas Philipp, Barbara Chimani, Christoph Beck, Manfred Ganekind

Mitteleuropa war in den letzten zwanzig Jahren mehrmals von außergewöhnlichen, großräumigen Starkniederschlagsereignissen betroffen, von denen einige zu herausragenden Hochwasserereignissen geführt haben, wie im Juli 1997 an der Oder, im Mai 1999 an der Donau, im August 2002 an Elbe und Donau oder großräumig im Mai/Juni 2010 und 2013. Im Zuge des globalen Klimawandels stellt sich nun die Frage, ob es zukünftig durch Veränderungen in der atmosphärischen Zirkulation und/oder durch die Zunahme der Lufttemperatur und -feuchtigkeit zu einem veränderten Risiko für derartige Starkniederschlagsereignisse kommt.

Aus diesem Grund hat sich das Bayerische Staatministerium für Umwelt und Verbraucherschutz, gemeinsam mit dem Österreichischen Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, im Frühjahr 2012 entschlossen das deutsch-österreichische Forschungsvorhaben WETRAX im Rahmen der Ständigen D/Ö-Gewässerkommission nach dem Regensburger Vertrag zu initiieren und gemeinsam mit dem Bayerischen Landesamt für Umwelt sowie der Bundesanstalt für Gewässerkunde zu beauftragen.

Die Studie befasst sich mit der Veränderung von großräumigen Starkniederschlagsereignissen im Klimawandel für den Zeitraum von 1951 bis 2100. Das Untersuchungsgebiet umfasst Süddeutschland, Österreich und angrenzende Teile der Schweiz sowie Tschechiens. Als innovativer Ansatz wurden starkniederschlagsrelevante Muster der atmosphärischen Zirkulation parallel nach zwei verschiedenen Vorgehensweisen bestimmt und ausgewertet. Diese Muster umfassen einerseits großräumige Zirkulationstypen („Wetterlagen“) und andererseits Zugbahnen von Tiefdruckgebieten wie etwa die bekannte Vb-Zugbahn. Die Ergebnisse zeigen in der Klimazukunft eine deutliche Änderung der Auftrittshäufigkeit von Wetterlagen und Zugbahnen mit Starkniederschlagsrelevanz über Mitteleuropa. Änderungen zeigen sich auch für die Starkniederschlagsmengen und -häufigkeiten selbst, diese sind jedoch erheblich von der Jahreszeit und der Lage im Untersuchungsgebiet abhängig.

Die Erkenntnisse sollen helfen, hochwasserrelevante Niederschlagsereignisse hinsichtlich der großräumigen atmosphärischen Vorgänge identifizieren und besser verstehen zu können und Entscheidungsträger im Hochwassermanagement mit belastbaren Fakten in der Entwicklung von Klimawandelanpassungsstrategien zu unterstützen.

Wirkung eines früheren Vegetationsbeginns auf den Wasserhaushalt von Waldstandorten

Marco Natkhin, Jürgen Müller, Constanze Richter

Der Wasserhaushalt von Waldstandorten wird durch die Komponenten Witterung/Klima, Vegetation und Boden bestimmt. Neben dem direkten Einfluss wirken sich Witterungseinflüsse und Klimawandel auch auf die Phänologie der Vegetation aus. Durch höhere Frühjahres-Temperaturen verfrühten sich zum Beispiel der Blattaustrieb der Buche und der Maitrieb der Kiefer in den letzten Jahrzehnten im Nordostdeutschen Tiefland. Im Falle einer fortschreitenden Erwärmung ist ein noch früherer Vegetationsbeginn zu erwarten. Durch den zeitigeren Beginn des Wachstums im Jahr, benötigen die Pflanzen auch früher Wasser. Zu erwarten ist, dass Wassermangel, besonders in niederschlagsarmen Regionen wie dem Nordostdeutschen Tiefland bei Böden mit geringer Wasserspeicherkapazität, früher und häufiger auftritt.

Mit Hilfe des Wasserhaushaltsmodells BROOK90 wurde der Einfluss von beobachteten Veränderungen in der Phänologie auf den Wasserhaushalt quantifiziert. Dabei wurde analysiert wie dies zu einem zeitigeren Austrocknen des Bodens führt. Es zeigt sich, dass der direkte klimatische Einfluss wesentlich größer ist als der der Phänologie. Zum Beispiel kommt es zu einer früheren kritischen Austrocknung des Bodens auf einem brandenburgischen Buchenwaldstandort um durchschnittlich 46 Tage im Vergleich der Zeiträume 1991-2010 zu 1951-1970. Dieser verfrühte Wassermangel entsteht hauptsächlich durch direkte klimatische Einflüsse und nur zu 22% durch die Einflüsse der Phänologie. Damit verstärkt der frühere Vegetationsbeginn das Wassermangelrisiko. Der direkte Einfluss von Trockenheit und Hitze wirkt sich aber wesentlich stärker aus. Bei den immergrünen Kiefern ist der Einfluss der Phänologie noch wesentlich geringer.

Webbasierte Verfügbarkeit von regionalisierten Abflusskenngrößen in Sachsen

Björn Fischer, Karin Kuhn, Uwe Büttner

Hydrologische Abflusskenngrößen spielen eine entscheidende Rolle für die Planung und Bemessung wasserbaulicher Anlagen und dienen den Wasserbehörden zu Prüfungszwecken. Dabei sind nicht nur Hochwasserkennwerte von Bedeutung, z. B. zur Bemessung von Brücken, sondern auch Mittel- und Niedrigwasserkenngrößen. Letztere stellen eine wichtige fachliche Grundlage zum Erhalt der ökologischen Funktion der Gewässer und der erforderlichen Mindestwasserführung dar.

Um diese Abflusskenngrößen verfügbar zu machen, wurden in den letzten Jahren in Sachsen verschiedene Forschungsprojekte durch das Sächsische Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG) betreut und zusammen mit Partnern aus der Praxis bearbeitet.

Im Rahmen des Projektes KLiWES (Abschätzung der Auswirkung der für Sachsen prognostizierten Klimaveränderungen auf den Wasser- und Stoffhaushalt in den Einzugsgebieten der sächsischen Gewässer – Teil Wasserhaushalt) wurde die DHI-WASY GmbH beauftragt, auf Basis einer landesweiten Regionalisierung Niedrigwasserkennwerte (MNQ) zu ermitteln und diese webbasiert bereitzustellen. Für die Regionalisierung wurde die Verfahrenskombination Multiple lineare Regression zur Bestimmung der MNQ, Top Kriging zum Ausgleich der Residuen (Abweichung zwischen dem Regionalisierungsverfahren und der Pegelstatistik) verwendet. Die Ergebnisse wurden in eine Datenbank überführt und können seit 5/2014 im webbasierten Wasserhaushaltsportal Sachsen (www.wasserhaushaltsportal.sachsen.de) abgefragt werden.

Zur flächendeckenden Bestimmung von Hochwasserkennwerten wurde im Zuge des FuE-Vorhabens „Flächenhafte Bestimmung von Hochwasserspenden“ in den Jahren 2009/2010 ein für das Gebiet Sachsens einheitliches Verfahren durch die DHI-WASY GmbH erarbeitet. Hierbei wurde die Verfahrenskombination Multiple lineare Regression zur Bestimmung des mittleren Hochwassers (MHQ), Top Kriging zum Ausgleich der Residuen und das Index-Flood-Verfahren zur Bestimmung der Hochwasserabflüsse mit Wiederkehrintervall (HQT) angewendet. 2015 wurden die MHQ und HQT auf Basis einer aktualisierten Datengrundlage neu berechnet. Um einen breiten Zugriff auf diese Kennwerte zu ermöglichen, wurden die Ergebnisse in eine Datenbank überführt und werden in Kürze im Wasserhaushaltsportal Sachsen abrufbar sein. Ergänzend zu den bereits zur Verfügung stehenden Abflusskenngrößen werden aktuell durch die DHI-WASY GmbH flächendeckend Mittelwasserkennwerte (MQ) ermittelt. Dabei kann auf Ergebnisse des KLiWES-Projektes zurückgegriffen werden. Auch diese Kennwerte werden im Wasserhaushaltsportal Sachsen webbasiert abrufbar sein.

Die Funktionsweise der Webanwendung und wesentliche Informationen zu den angewendeten Methoden können einem Leitfaden im Wasserhaushaltsportal Sachsen entnommen werden.

Im Ergebnis dieser Arbeiten können Hoch-, Mittel- und Niedrigwasserkennwerte für Sachsen über das Wasserhaushaltsportal Sachsen abgerufen werden und stehen Wasserbehörden, Betrieben und Betreibern sowie Planern frei zur Verfügung.

Abflussbildung, Schneedynamik und photosynthetische Aktivität in subalpinen Höhenlagen: Instrumentierung und Analyse für den Dreisäulerbach in den Ammergauer Alpen

Wolfgang Rieger, Matthias Kopp, Jakob Garvelmann, Birgitta Putzenlechner, Benjamin Fersch, Markus Disse, Harald Kunstmann, Ralf Ludwig

Die Hochwasserereignisse der letzten Jahrzehnte haben gezeigt, dass gerade im Alpen- und Voralpenraum eine zuverlässige Hochwasservorhersage und damit ein effektives Hochwassermanagement zum Teil nur unzureichend gewährleistet werden kann. Wildbachgebiete, in denen Hochwasser ihren Ursprung entwickeln können, sind auf Grund ihrer besonderen Charakteristik modelltechnisch schwer zu erfassen. Dabei birgt insbesondere der Anteil der Schneeschmelzereignisse große Unsicherheiten, da die Verteilung der Schneedecke von einer Vielzahl an Faktoren wie Höhenlage, Exposition oder Landnutzung abhängig ist. Subalpine Einzugsgebiete, die auch meist durch alpine Forstbestände charakterisiert sind, beeinflussen nicht nur maßgeblich Hochwasserereignisse, sondern sie erfüllen auch eine wichtige ökohydrologische Schutzfunktion und zeichnen sich durch eine sehr variable Photosyntheseaktivität aus.

Um sowohl die Gefahr als auch die Schutzfunktion, die aus den subalpinen Einzugsgebieten hervorgehen, besser verstehen, quantifizieren und im Rahmen von Vorhersage- bzw. Managementaufgaben berücksichtigen zu können, ist eine messtechnische Erfassung in repräsentativen Beispielgebieten notwendig. Zu diesem Zweck bestückt und betreut zur Zeit die Technische Universität München, der KIT Campus Alpin in Garmisch-Partenkirchen und die Ludwig-Maximilians-Universität München das Dreisäulerbach-Einzugsgebiet (Gebietsgröße: 2,47 km²) in den Ammergauer Alpen. Das gemeinsame Messkonzept dient der Erfassung schneehydrologischer Prozesse und der photosynthetischen Aktivität in unterschiedlichen Höhenlagen und Expositionen. Neben Pluviometern und Messwehren zur Erfassung der Gebietshydrologie kommen PAR- und Bodenfeuchtesensoren vegetations-, höhen- und expositionsspezifisch zum Einsatz. Die Untersuchung der Schneedeckendynamik erfolgt über ein SnowFox-Messsystem sowie über Stationspaare sogenannter SnoMoS-Sensoren und spezieller Schneelysimeter.

Der Beitrag bietet einen Überblick der Forschungsaktivitäten im Einzugsgebiet des Dreisäulerbachs und analysiert Messdaten des Winters 2015/2016.

Das Extremhochwasser 2013 im Einzugsgebiet der Weißen Elster - Steuerung und Rückhalt im Großraum Leipzig

Stefan Jentsch, Petra Walther, Ulf Winkler, Axel Bobbe

Nach dem Schneeschmelzhochwasser im Januar 2011 war nunmehr im Juni 2013 das Flussgebiet der Weißen Elster von einem extremen und so in der bisherigen hydrologischen Beobachtung seit 1954 nicht mehr aufgetretenen Hochwasser betroffen. Bedingt durch die hohe Bodenfeuchte und die enormen Niederschläge Mai/Juni kam es zu außergewöhnlich hohen Abflüssen. An einem Großteil der Pegel an der Weißen Elster und Pleiße wurden im Juni 2013 die Richtwerte der AS 4 überschritten und Jährlichkeiten von 150 bis 200 Jahren erreicht. Dass die Stadt Leipzig im Verlauf des Hochwassers einer Katastrophe entging, ist der Steuerung des Systems von TS und HRB vor allem im Südraum von Leipzig zu verdanken. Im Flussgebiet der Pleiße wurde das System so gesteuert, dass die Wasserstände unterhalb der Stauanlagen in der Pleiße die AS 4 nicht erreichten. Das Hochwasser der Weißen Elster, das Leipzig zufließt, wurde durch die Beaufschlagung der Elsteraue und die Überleitung in den Zwenkauer See erheblich reduziert. In Leipzig stellte sich der Bemessungsabfluss ein, wobei alle Schutzanlagen vollständig ausgenutzt und das Hochwasser weitestgehend schadlos abgeführt werden konnte. Durch die intelligente Steuerung der Wehre des Gewässerknotens Leipzig und die Flutung der Polder konnte schlimmeres für Leipzig aber auch für die angrenzenden Unterlieger bis hin nach Halle verhindert werden. Im Großraum von Leipzig wurden während des Hochwassers 2013 insgesamt 80 Mio. m³ Wasser zurückgehalten. Das sind 30 Mio. m³ mehr als z.B. durch die Saalekaskaden zurückgehalten worden sind. Der Gewässerknoten Leipzig ist ein kompliziertes und in der Wasserwirtschaft einmaliges System zur Steuerung des Abflusses mehrerer zusammentreffender Gewässer in einem stark urban geprägten Gebiet. Im Beitrag sollen dieser Gewässerknoten, seine Bestandteile und deren Steuerung sowie die Rückhaltewirkung während des Hochwassers 2013 dargelegt werden.

Ereignisanalyse zum Hochwasser im Juni 2013 in Sachsen

Petra Walther, Evelin Bohn, Stephan Gerber, Peter Wundrak, Uwe Müller

Sachsen wurde innerhalb der letzten beiden Dekaden von mehreren Hochwasserereignissen heimgesucht. Gerade das Auguthochwasser 2002 hat in der Gesellschaft und bei der Politik zu einer Zäsur im Umgang mit diesen Naturereignissen geführt. Die Dokumentation und Analyse des Hochwasserereignisses 2002 hat wichtige Impulse für diesen Veränderungsprozess geliefert. Im Juni 2013 ereignete sich in Sachsen erneut ein extremes Hochwasser, das in der Mulde zum Teil das Ausmaß des Hochwassers von 2002 übertraf. Gleichzeitig ereignete sich in weiten Teilen des Einzugsgebietes der Weißen Elster eine extreme und so in den bisherigen hydrologischen Beobachtungen seit 1954 nicht mehr aufgetretene Hochwassersituation. Wie 2002 und 2010 wurde das Hochwasser in einer Ereignisanalyse ausführlich ausgewertet. Die wesentlichen Ziele der Analyse sind die Aufarbeitung und Dokumentation des Hochwasserereignisses aus meteorologischer und hydrologischer Sicht, die Untersuchung der Schaden verursachenden Prozesse, die Recherche aufgetretener Schäden und die Untersuchung der Bewältigung des Ereignisses. Ergänzt wird die Ereignisanalyse mit speziellen Fallbeispielen, die das Geschehen während des Hochwassers untersetzen.

Im Beitrag werden die Ergebnisse der Ereignisanalyse zusammenfassend dargestellt. Dabei wird auf die hydrometeorologischen Ursachen und den Hochwasserablauf eingegangen, die Schadensprozesse beschrieben sowie die Schadensbilanz auch im Vergleich zu 2002 dargestellt. Ein weiterer Schwerpunkt des Beitrages sind die Erfahrungen bei der Messung und Dokumentation des Hochwassers. Sie zeigen, dass umfassende organisatorische und fachliche Vorkehrungen getroffen werden müssen, um bei einem flächendeckenden Hochwasser wie 2013 die notwendigen Informationen und Daten für eine belastbare hydrologische und hydraulische Auswertung zu haben. In der Ereignisanalyse wird auch auf die Rolle der sozialen Medien eingegangen und wie diese zukünftig in die Krisenkommunikation eingebunden werden müssen. Im Beitrag werden die Untersuchungen dazu vorgestellt und es wird darauf eingegangen, wie zukünftig auf diese neue Herausforderung reagiert werden muss.

Modellierung des Kohlenstoff- und Stickstoffhaushaltes unter Sommerweizen mit verschiedenen Mineraldüngungs- und Bodenbearbeitungsvarianten im Westsibirischen Getreidegürtel

Anne Krischker, Yvonne Conrad, Britta Schmalz, Nicola Fohrer

Der Kohlenstoffhaushalt im Boden reagiert sensitiv gegenüber Landnutzungsänderungen und ist abhängig von klimatischen Bedingungen, den Bodeneigenschaften, und dem Bodenwasserhaushalt. Die Böden des Westsibirischen Tieflandes enthalten große Mengen an organischem Kohlenstoff, und sind ein global bedeutender Kohlenstoffspeicher; das extreme Klima ist charakterisiert durch lange, kalte Winter sowie Dürreperioden und Starkregenereignisse während des Sommers. Auf den landwirtschaftlich genutzten Flächen ist eine langsame Intensivierung der Landwirtschaft zu beobachten. Dennoch ist die durchschnittliche Ertragserwartung mit 2 t ha⁻¹ im Vergleich zu anderen Agrarländern noch relativ gering und es besteht ein deutliches Potential zur Ertragssteigerung. Mit Hinblick auf einen weltweit steigenden Bedarf an Agrarprodukten, ist demnach auch in Zukunft mit einem schnelleren Landnutzungswandel und voranschreitender Intensivierung zu rechnen. Dadurch können Stoffströme und der Nährstoffhaushalt verändert werden.

Im Rahmen des Projektes "Nachhaltiges Landmanagement und Anpassungsstrategien an den Klimawandel für den Westsibirischen Getreidegürtel" (SASCHA) wird ein Modellierungsansatz vorgestellt, welcher anhand der spezifischen Bedingungen auf einem Chernozem unter Weizenanbau in der Region Tyumen/Westsibirisches Tiefland initialisiert und parametrisiert wurde. Mit Hilfe des eindimensionalen Modells CoupModel (Jansson & Karlberg, 2004), das Stoffflüsse zwischen Boden, Vegetation und Atmosphäre simuliert, wurden die Auswirkungen von steigender Mineraldüngung und verschiedenen Bodenbearbeitungsvarianten auf den Kohlenstoff- und Stickstoffhaushalt getestet. In einer Simulationsperiode von 20 Jahren wurden drei Bodenbearbeitungsvarianten jeweils mit verschiedenen Mengen an Stickstoffdüngung kombiniert: Pflug (0,3 m Tiefe), nicht wendende Bodenbearbeitung (0,1 m Tiefe) und keine Bodenbearbeitung in Kombination mit 0, 10-20, 15-45 und 20-155 kg N ha⁻¹. Zusätzlich wurde der Effekt einer deutlichen Ertragssteigerung von durchschnittlich 2 t ha⁻¹, was der momentanen Ertragserwartung in der Region Tyumen entspricht, auf 3 bzw. 5 t ha⁻¹ durch eine Anpassung von Modellparametern simuliert.

Die Validierung des Modells anhand gemessener und simulierter Werte ergab u.a. für die Bodentemperatur in 20 und 40 cm Tiefe ein R² von 0,95 bzw. 0,96 (NSE jeweils 0,95); für die Schneetiefe wurde ein R² von 0,94 (NSE 0,69) erreicht. In Übereinstimmung mit Studien in Westsibirien wurde in allen Simulationen eine Abnahme des Kohlenstoff- und Stickstoffgehaltes im Bodenprofil beobachtet. Zunehmende Mineraldüngung, Ertragssteigerung und ein Wechsel von wendender Bodenbearbeitung zu fehlender Bodenbearbeitung führten zu einer Verringerung des Stoffverlustes im Vergleich zu der Referenzsimulation. Der Effekt der Düngung war dabei deutlich stärker ausgeprägt als der der Bodenbearbeitung. In keiner der Varianten konnte eine Abnahme des Nährstoffgehaltes vollständig verhindert werden.

SenThIS - Sentinels für Thüringer Informationssysteme

Sandra Naue, Peter Krause

Die Fachabteilungen deutscher Umweltbehörden auf Landes- und Bundesebene stehen vor der Herausforderung, dass sie Ihre Methoden und Werkzeuge, für die Entscheidungen zum aktuellen Ressourcenmanagement oder zur Abwehr von Gefahren für Mensch, Umwelt und Wirtschaft, an sich ständig ändernde Bedingungen anpassen müssen. Diese Änderungen resultieren einerseits aus den prognostizierten Veränderungen des Klimas und der Sozioökonomie, andererseits aber auch aus dem zunehmenden Druck zur Arbeitsprozessoptimierung, durch Personal- und Finanzmittelkürzungen.

So entsteht ein wachsender Handlungsbedarf in den Behörden um auf die kurz- bis langfristigen Veränderungen durch geeignete Anpassungsmaßnahmen rechtzeitig und adäquat reagieren zu können. Zur Erarbeitung von Anpassungsstrategien sind aktuelle raum-zeitliche Daten, für die kontinuierliche Beobachtung von Umweltsystemzuständen und deren Veränderungen von zunehmender Bedeutung. Solche Daten und Dienste werden vom Copernicus Programm der ESA kostenfrei und unkompliziert angeboten. Insbesondere die Fernerkundungsdaten der neuen Sentinel-Flotte besitzen dafür ein großes, von Behörden bisher spärlich genutztes Potential.

Das BMVI geförderte Kooperationsprojekt SenThIS, das gemeinsam von der Thüringer Landesanstalt für Umwelt und Geologie (TLUG), der Thüringen Forst und den beiden KMU EOS GmbH und feiffer consult durchgeführt wird, adressiert dieses Defizit durch die Erstellung und Implementierung einer Verarbeitungskette zur synergetischen, automatisierten Nutzung von FE-Daten und Produkten, insbesondere von Sentinel 1 /2, zur Durchführung von operationellen Landesaufgaben. Hierdurch soll die Effektivität und Effizienz durch eine Modernisierung der Arbeitsprozesse gesteigert und gleichzeitig ein Beitrag zur Evaluierung und Etablierung des operationellen Einsatzes von Copernicus-Diensten für öffentliche Aufgaben geleistet werden.

Im Projektrahmen werden prototypisch verschiedene FE-Produkte erstellt, die in den Landesbehörden operationell eingesetzt werden sollen. Hier wird z. B. ein Bodenfeuchteprodukt erarbeitet, welches flächendeckende, alle 3 bis 6 Tage aktualisierte Informationen über den Feuchtezustand bereitstellt. Dieses Produkt soll nach ausführlicher Validierung und Unsicherheitsanalyse für Fragestellungen wie z. B. für die Hochwasservorhersage, für Ernteertragsschätzungen oder Zustandsbewertung von Waldgebieten eingesetzt werden. Weitere Produkte, wie z. B. Ableitung forstlicher und landwirtschaftlicher Bestandesparameter werden entweder im Projekt entwickelt oder aus bestehenden Copernicusdiensten abgeleitet.

Durch den Aufbau einer Daten- und Prozessierungsinfrastruktur werden durch SenThIS die beteiligten Behörden in die Lage versetzt, schneller, effizienter und zielorientierter auf Herausforderungen wie z. B. Hochwasserkatastrophen oder Waldschäden zu reagieren.

Das Poster stellt die grundlegende Idee und den Aufbau von SenThIS sowie die ersten vorläufigen Ergebnissen aus dem ersten Projektjahr dar.

Berücksichtigung von Kläranlageneinflüssen bei der Regionalisierung von Mittel- und Niedrigwasserkennwerten für Baden-Württemberg

Joachim Liebert, Jürgen Ihringer, Patrick Preuß, Ingo Haag

Belastbare Abflusskennwerte sind elementare Grundlagendaten in der wasserwirtschaftlichen Praxis. Neben Kennwerten für Hochwasserabflüsse unterschiedlicher Jährlichkeiten [HQT] spielen mittlere Abflüsse [MQ] und mittleren Niedrigwasserabflüsse [MNQ] z.B. bei der Ermittlung von Abwasserkonzentrationen, bei der Stoffstrommodellierung und bei der Festlegung des Mindestabflusses eine zentrale Rolle.

Um die Kennwerte entsprechend den Praxisanforderungen quasi flächendeckend bereitstellen zu können, sind geeignete Regionalisierungsverfahren notwendig, die möglichst alle relevanten Einflüsse berücksichtigen. Die LUBW hat in Kooperation mit dem IWG - Bereich Hydrologie des KIT ein solches Regionalisierungsmodell für Baden-Württemberg entwickelt. Im vorliegenden Beitrag werden aktuelle Weiterentwicklungen vorgestellt.

Insbesondere der Niedrigwasserabfluss und somit MNQ aber auch MQ können in manchen Regionen maßgeblich durch punktuelle Kläranlagenabflüsse beeinflusst sein. Entsprechend sollte bei der Regionalisierung von MNQ und MQ der Einfluss dieser Kläranlagen lagegetreu berücksichtigt werden. Um dies zu ermöglichen, wurde ein Verfahren entwickelt, mit dem der jahreszeitlich dynamische Trockenwetterabfluss (Summe aus Abwasser und Fremdwasser) von Kläranlagen auf der Basis von allgemein verfügbaren Kläranlagen-Kennzahlen und Jahresabwassermengen robust abgeschätzt werden kann. Das Verfahren wurde anhand von 77 Kläranlagen abgeleitet und validiert, für die mehrjährige Tageswertganglinie der Trockenwetterabflüsse vorlagen. Mit dem validierten Verfahren wurden anschließend für alle ca. 1.100 Kläranlagen in Baden-Württemberg Ganglinien der Trockenwetterabflüsse für die hydrologischen Jahre 1981 bis 2012 ermittelt und bereit gestellt.

Die so ermittelten Kläranlagen-Trockenwetterabflüsse der hydrologischen Jahre 1981 bis 2010 wurden bei der Regionalisierung von MQ und MNQ als Punktquellen berücksichtigt. Für insgesamt 162 Kläranlagen, die hinsichtlich des Gewässerabflusses unterhalb der Einleitungsstelle besonders relevant sind, wurden zusätzliche Knoten bei der Regionalisierung vorgesehen. Alle anderen Kläranlagen fließen summarisch am jeweils nächsten unterstromigen Knoten in die Berechnung ein. Die so regionalisierten MQ- und MNQ-Werte können damit in einen natürlichen Gebietsabfluss (flächenbürtige Abflussbildung) und in einen kläranlagenbürtigen Anteil differenziert werden. Die Ergebnisse verdeutlichen, dass die Kläranlagen regional stark unterschiedlichen Einfluss haben und die Kennwerte in manchen Bereichen stark beeinflussen. Die Einbeziehung der Kläranlagen führt zu einer verbesserten räumlichen Differenzierung der Abflusskennwerte und somit zu einer besseren Datengrundlage für die wasserwirtschaftliche Praxis.

Die Veröffentlichung für etwa 13.000 Einzugsgebiete erfolgt über das neue Online-System Abfluss-BW, in dem ein webasierter, interaktiver Daten- und Kartendienst den Zugriff auf die Daten und ausgewählte digitale Kartenbestände ermöglicht.

Integrale Datenhaltung im Bereich Wasser der Schweiz

Markus Künzi

Im Rahmen der schweizerischen Umweltbeobachtung werden, beispielsweise als Grundlage für hydrologische Vorhersagen und zur Vollzugskontrolle im Gewässerschutz, Erhebungen über zahlreiche Aspekte des Wasserkreislaufs durchgeführt. Bei diesem Wassermonitoring werden unter anderem die hydrologischen Verhältnisse, die Qualität und die Quantität des Oberflächen- und Grundwassers, wie auch Parameter bezüglich der Trinkwasserversorgung und der Beurteilung der Badegewässer erfasst.

Die diversen zum Sachgebiet Wasser erhobenen Daten wurden bis vor kurzem in unterschiedlichen Datenbanken, in elektronischen Tabellen oder gar in Papierform gehalten. Entsprechend erfolgt auch deren Aufbereitung und Weiterverarbeitung mit verschiedenen Programmen. Diese Datenhaltung entspricht nicht mehr den in den vergangenen Jahren gestiegenen Anforderungen an die Zugänglichkeit von Behördendaten. Gleichzeitig wird dadurch auch die interne Nutzung erschwert, da in vielen Fällen Daten verschiedener Quellen manuell zusammengefügt werden müssen.

Ziel des seit 2011 laufenden Projekts „Integrale Wasserdatenhaltung“ ist es, die dezentrale Datenhaltung abzulösen und zukünftig alle im Rahmen des Wassermonitorings erhobenen Daten in einer einzigen, zentralen Datenbank zugänglich zu machen. Damit soll eine einheitliche und nachvollziehbare Aufbereitung und Weiterverarbeitung, wie auch eine qualitativ hochstehende und sichere Archivierung der Daten gewährleistet werden. Als weitere Vorteile werden eine breitere Verteilung der Programmkenntnisse innerhalb der Organisation und ein effizienterer Einsatz der Personalressourcen angestrebt.

Da das nun auf Bundesebene zum Einsatz kommende Informationssystem bereits in mehreren Kantonen in Betrieb steht oder sich ebenfalls im Aufbau befindet, kann von den dabei gemachten Erfahrungen profitiert werden. Ebenso wird hierdurch ein standardisierter Datenaustauschprozess zwischen den verschiedenen Behörden ermöglicht und die Koordinationsfunktion des Bundes vereinfacht. Zudem wird dasselbe Informationssystem auch in zahlreichen weiteren Ländern verwendet wird, was den Datenaustausch auf internationaler Ebene erleichtern wird.

Schnittstellen zum hydrologischen Online-Datenportal mit Downloadfunktion und zum Geportal des Bundes stellen überdies eine vereinfachte und zeitnahe Zugänglichkeit der zahlreichen Daten sicher. Die diversen Nutzergruppen, wie beispielsweise Kraftwerke, Ingenieurbüros, Hochschulen oder Labors und die interessierte Öffentlichkeit bekommen hierdurch die Möglichkeit, jederzeit ungehindert auf die Daten zugreifen zu können. Zudem vereinfacht die Überführung der Datenbestände aus dem Bereich Wasser in ein zentrales System die Auswahl und Erarbeitung geeigneter Umweltindikatoren, um die längerfristige Entwicklung im Sachgebiet Wasser zu veranschaulichen, zu vergleichen und zu bewerten.

Klimaanpassung durch Stärkung des Wasser- und Bodenrückhalts in Außenbereichen (KliStaR)

Jessica Kempf, Norbert Billen, André Assmann, Heike Puhmann, Klaus von Wilpert

Klimamodellrechnungen prognostizieren für Süddeutschland eine zukünftige Zunahme von Starkniederschlagsereignissen. Die Veränderung des Klimas wird daher zu einer Zunahme von Hochwasserereignissen führen sowie Auswirkungen auf wichtige Bodenfunktionen haben. Hauptsächlich ergeben sich Probleme durch direkte Gebäude- und Infrastrukturschäden und durch Sediment- und Stoffeinträge in Oberflächengewässer durch Bodenerosion. Außerdem können Bodenverlust und Trockenphasen kurz- und langfristige Ertragseinbußen z.B. in der Landwirtschaft zur Folge haben. Ziele von Maßnahmen sollten sein, das Wasser direkt in den Böden der Landschaft infiltrieren zu lassen, um schädliche Wirkungen von Abfluss und Erosion zu minimieren und das Wasser für das Pflanzenwachstum in trockeneren Sommermonaten zu erhalten und somit den landwirtschaftlichen Bewässerungsaufwand mit wertvollem Grundwasser gering zu halten. Maßnahmen zur angepassten Bewirtschaftung und Erhöhung der Infiltration wurden in Pilotgebieten bereits getestet, schwierig gestaltet sich jedoch häufig die Umsetzung. Die Hindernisse liegen zumeist darin begründet, dass die eigentlichen Akteure erst zu spät in den Prozess eingebunden werden und die von außen kommenden Vorschläge ablehnen. Das Hauptziel von KliStaR ist, Umsetzungsdefizite bei der Klimaanpassung in kommunalen Außenbereichen, wie land- und forstwirtschaftlichen Flächen, zu erfassen und zu minimieren. KliStaR ist ein Modellprojekt im Glems-Einzugsgebiet in Baden-Württemberg und ist Teil des Landesprogramms „Klimawandel und modellhafte Anpassung in Baden-Württemberg“ (KLIMOPASS). Land- und Forstwirte sowie kommunale Vertreter werden von Anfang an am Planungsprozess beteiligt. Hierdurch ist sichergestellt, dass eine Identifikation mit den Maßnahmen gegeben ist. Den Akteuren von acht kooperierenden Kommunen werden Informationen (Oberflächenabfluss- und Bodenerosionskarten in Gegenwart und Zukunft) bereitgestellt, die im Rahmen der Klimaanpassung erforderlich sind. Außerdem werden Anpassungsmaßnahmen und Umsetzungshemmnisse bei Veranstaltungen und bei Ortsterminen mit den Landnutzern und Kommunalvertretern erarbeitet. Darüber hinaus sollen ausgewählte Maßnahmen bereits geplant bzw. realisiert werden. KliStaR kann durch den kommunalen Modell- und Anwendungscharakter Impulse für die landesweite Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen für Kommunen in Baden-Württemberg geben.

Der Flusshydrologische Fachdienst FLYS der BfG – gewässerkundlicher Service aus der Forschung trifft softwareimplementiertes Praxiswissen

Doreen Faltis, Marcus Hatz, Norbert Busch, Stefan Vollmer

Der Flusshydrologische Fachdienst FLYS der BfG – gewässerkundlicher Service aus der Forschung trifft softwareimplementiertes Praxiswissen

Doreen Grätz, Marcus Hatz, Norbert Busch, Stefan Vollmer

Die Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG) berät als Bundesoberbehörde die Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes (WSV). Zur Beantwortung der sich aus dieser Aufgabe ergebenden vielfältigen Fragestellungen, die oft einer großräumigen, flussgebietsweiten Betrachtungsweise bedürfen, muss umfassendes interdisziplinäres Fachwissen zusammengeführt werden. Für die interagierenden Themenfelder der Hydrologie, der Fließgewässerhydraulik sowie der Gewässermorphologie an Bundeswasserstraßen hat die BfG hierzu den Flusshydrologischen Fachdienst FLYS der BfG etabliert.

Mit dem Ziel gewässerkundliche Basis- und Fachdaten innerhalb einer gemeinsamen Plattform zu integrieren, betreibt die BfG seit 2013 den webbasierten Fachdienst FLYS. Er vernetzt Modell- & Messdaten, historische & aktuelle Daten, hydrologische & morphologische Daten miteinander. Als Fachanwendung im Geoportal der BfG bietet FLYS dem Nutzer nicht nur den Zugriff auf Daten an freifließenden und staugeregelten BWaStr, sondern stellt dem Anwender gleichzeitig ein umfassendes Auswerte- und Analysewerkzeug zur Verfügung. Dabei werden methodische Ansätze aus der angewandten Forschung der BfG (z.B. Methoden der Fixierungsanalyse und Feststoff-Transport-Abfluss-Beziehung) in systematisch zu bedienenden Workflows implementiert. Ebenso werden seit Jahrzehnten etablierte Verfahren der gewässerkundlichen Praxis (z.B. Auswertung von Abflusskurven, Berechnung charakteristischer Korndurchmesser) softwaretechnisch abgebildet. Wissen und Erfahrungen aus Praxis und Forschung finden so in einem System zusammen und ergänzen sich auf verschiedenen raumzeitlichen Skalen gegenseitig.

In Sichtweite ist nun die verstärkte Weiterentwicklung von FLYS u. a. für Anwendungsfälle aus der Ökologie. Ideen zur Nutzung des Werkzeugs für die Beurteilung der Erfolgs- und Maßnahmeneffizienz in der nachhaltigen Wasserbewirtschaftung werden ebenfalls bereits diskutiert. Durch die ganzheitliche und großräumige Sicht auf ein Gewässer können mit FLYS ggf. die komplexen Wirkungszusammenhänge in Gewässersystemen besser identifiziert werden.

Ausgewählte Praxisbeispiele zur Bewertung von Extremereignissen, dem Wechselspiel zwischen hydrologischen und morphologischen Veränderungen an der Wasserstraße sowie weiterentwickelte Methoden zur Bilanzierung von Sedimentstoffströmen sollen die Auswertungs- und Analysemöglichkeiten mit FLYS aufzeigen. Über die fachlichen Anwendungsfälle hinaus will der Vortrag weiterhin deutlich machen, wie in einem System, das „von Nutzern für Nutzer“ entwickelt wurde, ein gutes Zusammenspiel zwischen den Arbeitsweisen aus der gewässerkundlichen Praxis und den Erkenntnissen der angewandten Forschung gelingen kann.

Weitere Informationen: www.bafg.de/FLYS, www.dive4elements.org

Messdatenmanagementsystem (MDMS): Beherrschung zeitbezogener Massendaten

Gerhard Langstädtler

1. Einleitung

Grundlage für die Planung und den Betrieb entwässerungstechnischer Anlagen sind Messdaten, die in unterschiedlicher Form und Qualität, aus verschiedensten Quellen erhoben oder zur Verfügung gestellt werden. Nutzbar werden Informationen aus Messdaten aber erst, wenn sie zeitnah geprüft, ggf. korrigiert und nachvollziehbar archiviert werden, um von dem Betreiber, Planer und den Behörden in einen Bedeutungskontext gestellt werden zu können (sinngemäß nach der Einleitung aus dem DWA-Regelwerk, Merkblatt DWA-M 151 „Messdatenmanagementsysteme (MDMS) in Entwässerungssystemen“, August 2014).

Das Vorliegen und die einfache Zugänglichkeit belastbarer, zeitlich hochaufgelöster Messdaten im Kanalnetz hat sehr große Bedeutung für den Betrieb eines Entwässerungssystems und wird in Zukunft weiter an Bedeutung gewinnen. Begründet ist dies sowohl aus Sicht der Gewässerbelastung, als auch zur verbesserten Kopplung von Klärwerken und Kanalnetzen. Vor dem Hintergrund häufiger Starkregen, sowie den Einflüssen des Klima- und demografischen Wandels, ist die planerische Begleitung und flexible Gesamtschau des realen Verhaltens eines Entwässerungssystems unverzichtbar, um frühzeitig angemessen reagieren bzw. vorsorgen zu können.

Das reale Verhalten eines Entwässerungssystems wird allein durch die dauerhaft verfügbaren, zeitlich hochaufgelösten Messdaten repräsentiert. Jegliche, aus ungeprüften Rohdaten zusammengefasste Monats- und Jahreswerte sind vollkommen unzureichend.

2. Hemmnisse zur praktischen Nutzung zeitbezogener Massendaten überwinden

Das Vorhandensein zeitbezogene Massendaten allein ist nicht hinreichend. Messdaten können erst dann den Planer in seinen Aktivitäten oder den Betreiber bei der Überwachung und Optimierung seines Systems unterstützen, wenn ihm ein Werkzeug zur Verfügung steht, mit dem er die für ihn bedeutenden Daten und Informationen gezielt finden sowie prägnant darstellen und auswerten kann.

Dies sind exakt die Leistungsmerkmale eines Messdatenmanagementsystems (MDMS).

Der hier angebotene Vortrag stellt diese Merkmale u.a. an folgenden Praxisbeispielen dar:

- Gezielte Nutzung der vom DWD veröffentlichten Stations- und Radarmessdaten
- Nutzen eines MDMS in der Stadtentwässerung von Wuppertal, Düsseldorf und Köln
- Einsatz eines MDMS bei Wasserwirtschaftsverbänden in NRW
- Unterstützungsleistung eines MDMS bei beratenden Ingenieurbüros
- Darstellung der Leistungsmerkmale eines MDMS in der Hochschulausbildung
- Kommunikation mit der Öffentlichkeit, z.B. durch Bewertung von Starkregenereignissen nach dem von Prof. Schmitt vorgeschlagene Starkregenindex

**Ansteigende Konzentrationen gelöster organischer Substanz
in deutschen Mittelgebirgsbächen:
Problemanalyse mit Hilfe von Generalised Additive Models**

Benny Selle, Andreas Musolff, Jörg Tittel

Seit Mitte der 1990er Jahre beobachtet man ansteigende Konzentrationen gelöster organischer Substanz (DOC) in vielen Oberflächengewässern Mittel- und Nordeuropas sowie Nordamerikas. Die Wassergüte vieler Talsperrenzuflüsse in Deutschland wird von diesem Prozess negativ beeinflusst. Eine wahrscheinliche Ursache der DOC Trends sind rückläufige atmosphärische Sulfat- und Chloriddepositionen, die zu verminderter Löslichkeit von Huminsäuren infolge steigender pH-Werte und abnehmender Ionenstärken führen. Im Gegensatz dazu, haben wir aber die Hypothese getestet, dass die rückläufigen Nitrat- und Sulfatgehalte im Boden infolge abnehmender Säuredepositionen, die Eisenreduktion begünstigt haben, sodass zusätzliche gelöste organische Substanz aus Eisen-Humus-Komplexen mobilisiert wurde. Um diese Hypothese zu testen, wurden gemessene Konzentrationszeitreihen von gelöster organischer Substanz, gelöstem Eisen, Sulfat und Nitrat von ausgewählten deutschen Mittelgebirgsbächen untersucht. Dabei haben wir - mit Hilfe von Generalised Additive Models - abflusskorrigierte Konzentrationszeitreihen als Summe eines nichtlinearen Trends und eines Jahresganges dargestellt. Die so abgeleiteten Modellkomponenten bestätigten unsere Vermutung, dass ein Wechsel im Redoxregime die veränderten Gebietsausträge von gelöster organischer Substanz bewirkt haben könnte.

Das neue Hochwasserinformations- und -managementsystem in Sachsen

Uwe Müller, Andy Philipp, Rene Härta

Im Landeshochwasserzentrum (LHWZ) Sachsen werden Daten, die die Entstehung, den zeitlichen Verlauf und die räumliche Ausdehnung von Hochwasserereignissen charakterisieren, erfasst und ausgewertet. Diese Daten dienen als Grundlage für das Hochwasserrisikomanagement und sollen eine frühzeitige und sichere Identifikation von Hochwassersituationen sowie einen schnellen Informationsfluss zu allen Betroffenen sicherstellen. Das Hochwasserinformations- und Managementsystem (HWIMS) soll eine weitgehend automatisierte Prozessunterstützung des LHWZ ermöglichen. Den Schwerpunkt bilden dabei die drei Leistungsprozesse: Datensammlung, Datenaufbereitung und Datenveröffentlichung. Das im Jahr 2005 in Betrieb genommene System entspricht nicht mehr den aktuellen Anforderungen und wurde basierend auf Analysen und Konzepten neu aufgesetzt.

Der Schwerpunkt der Neuentwicklung des HWIMS bildete die Verbesserung der Stabilität, Performance und Transparenz des Systems. Im Einzelnen wurden folgende Ziele verfolgt: Verbesserung der Stabilität und Verfügbarkeit; Verbesserung der Flexibilität gegenüber neuen fachlichen Anforderungen; Verbesserung der Performance; Verbesserung der Nutzerfreundlichkeit; Einführung mobiler Services; einfachere Bestätigung des Empfangs von Hochwasserereilbenachrichtigungen; Verwendung von Standardkomponenten und state-of-the-art-Technologien und –Schnittstellen; konsequente Umsetzung einer Schichtenarchitektur; Modularität von Komponenten unter Berücksichtigung der Schichtenarchitekturen; Verbesserung des System- und Prozessmonitorings; Einführung einer Testumgebung; Integration derzeit bestehender Insellösungen und Kleinanwendungen in das System sowie die Reduzierung von Redundanzen bei den Stammdaten bzw. der Stammdatenverwaltung. Um die Anforderungen umzusetzen, wurde das System als Individualentwicklung mit einer serviceorientierten Architektur konzipiert und unter Verwendung von Standardtechnologien und etablierten Frontend- und Middleware-Produkten realisiert.

Im Beitrag werden die Entwicklungsschritte und die Funktionalitäten des HWIMS im Kontext zum Hochwasserrisikomanagementprozess erläutert.

Zur Abschätzung von Hochwasserabflüssen an unbepegelten Gewässermündungen im deutschen Mittelgebirgsraum

Jens Bender, Jürgen Jensen

Für die Bemessung von Hochwasserschutzbauwerken an Fließgewässern werden Informationen über die Hochwasserabflüsse und deren Eintrittswahrscheinlichkeiten benötigt. Die sogenannten Bemessungsabflüsse werden häufig auf Basis langjähriger Abflussbeobachtungen unter Verwendung von extremwertstatistischen Analysen gewonnen. Am Zusammenfluss von zwei Gewässern sind die gängigen univariaten Verfahren jedoch nicht anwendbar, da die Zuflüsse beider Gewässer in den Analysen berücksichtigt werden müssen. Erschwerend kommt noch hinzu, dass für die meisten Mündungen in Deutschland keine Abflusszeitreihen an Haupt- und Nebengewässer verfügbar sind, so dass Ingenieure mit der Frage konfrontiert werden, welche Abflüsse aus den beiden Gewässern für die Bemessung von Schutzbauwerken anzusetzen sind. In diesem Beitrag wird ein Verfahren vorgestellt, mit dem die kombinierte Wahrscheinlichkeit von Hochwasserereignissen an unbepegelten Gewässermündungen abgeschätzt werden kann. Die Untersuchungen beschränken sich zunächst auf das deutsche Mittelgebirge, um zu gewährleisten, dass im weitest gehenden Sinne homogene Einzugsgebiete betrachtet werden. Als Datengrundlage stehen insgesamt 124 gemessene Abflusszeitreihen des Haupt- und Nebengewässer oberhalb von Flussmündungen mit einer überlappenden Aufzeichnungslänge von wenigstens 20 Jahren zur Verfügung. Auf dieser Basis werden kombinierte Hochwasserabflüsse aus beiden Gewässern unter Verwendung der Gumbel-Copula extremwertstatistisch ausgewertet und die Mündungen durch vereinfachte Einzugsgebietscharakteristika klassifiziert. Über das Prinzip der Regionalisierung können so die kombinierten Wahrscheinlichkeiten auf ähnliche Flussmündungen ohne entsprechende Pegelbeobachtungen übertragen und mögliche Abflusskombinationen aus Haupt- und Nebengewässer für gängige Wiederkehrperioden bereitgestellt werden.

drought.ch: Beschreibung der Bewältigung des Hitzesommers 2015 in der Schweiz

Luzi Bernhard, Konrad Bogner, Massimilano Zappa, Manfred Stähli

Die internetbasierte Plattform drought.ch zur Früherkennung von Trockenheit liefert tägliche Informationen zur aktuellen Situation bevorstehender Trockenheit in der Schweiz und liefert Vorhersagen über den weiteren Verlauf der kommenden. Die Ziele der Plattform umfassen folgende Punkte:

- 1) räumlich differenzierte Hinweise zu Trockenheit liefern;
- 2) die Intensität hydrologischer Indikatoren anhand 30-jähriger Klimatologien einordnen und grafisch darstellen;
- 3) forschungsbasierte Plattform, welche jedoch durch Vereinfachungen für sämtliche Wassernutzungssektoren öffentlich zugänglich ist.

Der Hitzesommer 2015 war von zwei persistenten Hitzewellen im Juli geprägt. Im Gegensatz zum Sommer 2003 war der Frühling 2015 in Bezug auf den Niederschlag und die Temperatur relativ durchschnittlich. Die Sommerniederschläge wiesen einen starken West-Ostgradient auf, welcher sich auch in der Trockenheit widerspiegelte. Während im Juni nur das Wallis von Trockenheit betroffen war, wurde im Juli in allen Regionen von drought.ch auf Trockenheit hingewiesen – auch mit dem eindeutigen West-Ostgradient analog zu den Niederschlägen. Einige Fließgewässer wiesen Abflüsse sehr nahe an den Minima auf; auch wurden an mehreren Orten Rekorde der Wassertemperaturen gemessen. Somit kann im Juli und August von einem überregionalen Ereignis gesprochen werden.

Die Plattform drought.ch wurde insbesondere nach Nennung in den Medien rege genutzt und diente auch als Entscheidungsgrundlage bei verantwortlichen Behörden. Die Verfügbarkeit von Informationen aus unterschiedlichen Quellen wird durch die breite Öffentlichkeit geschätzt und erlaubt dem Nutzer ein vielschichtiges Bild zum Thema Trockenheit.

Die bislang in drought.ch implementierten COSMO-LEPS Vorhersagen werden für die tägliche Berechnung Prognosen (1 – 5 Tage) für drei ausgewählte Einzugsgebiete verwendet und veröffentlicht. Zusätzlich sind neben diesen Vorhersagen seit April 2015 Monatsvorhersagen (ENS), bestehend aus 50 Ensemble Members und einem Control Run vom European Centre for Medium-Range Weather Forecasts experimentell integriert worden. Diese beiden Vorhersagesysteme, COSMO-LEPS und ENS, sind nun für die Hitzeperiode des Sommers 2015 für über 50 Teileinzugsgebiete ausgewertet und mit den klimatologischen Vorhersagen verglichen worden. Folgende Verifizierungskenngrößen wurden unter anderem verwendet: 1) für die drei Einzugsgebiete mit beobachteten Abflussmessungen der Nash-Sutcliffe Koeffizient und der Mittlere Absolute Fehler sowie 2) für die räumlich aggregierten Ergebnisse der Monatsvorhersage der Geometrische Mittlere Relative Absolute Fehler. Wie die vorläufigen Ergebnisse zeigen, war schon relativ früh ein erster Hinweis auf eine Trockenperiode erkennbar, welche sich mit zunehmend zeitlicher Nähe zum Sommer sichtlich manifestierte. Insbesondere der GMRAE zeigt schon Mitte bis Ende Juni in Bezug zur Klimatologie für den gesamten Vorhersagehorizont von 32 Tagen eine signifikant bessere Qualität der Vorhersagen.

Das integrale Signal des Abflusses überwinden – Warum Sensitivitätsanalysen auf verschiedene hydrologische Größen zu einem besseren Prozessverständnis führen

Björn Guse, Matthias Pfannerstill, Nicola Fohrer, Hoshin Gupta

Der Abfluss als die am häufigsten verwendete hydrologische Größe in der Modellierung repräsentiert ein zusammenfassendes Signal aller hydrologischen Prozesse in einem Einzugsgebiet. Bewertungen von hydrologischen Modellergebnissen mit Abflusszeitreihen beziehen sich dadurch auf das gemischte Signal aller Prozesse. Ohne die Verwendung weiterer Informationen bleibt dabei die Relevanz der einzelnen hydrologischen Prozesse unklar. Auch in Sensitivitätsanalysen von Modellparametern wird der Abfluss zumeist als Zielgrößen genutzt, obwohl komplexe hydrologische Modelle eine Vielzahl an Modellergebnissen der verschiedenen hydrologischen Prozesse liefern.

In dieser Studie wird eine zeitlich aufgelöste Sensitivitätsanalyse auf verschiedene modellierte tägliche Zeitreihen des ökohydrologischen Modells SWAT im Einzugsgebiet der Treene/Schleswig-Holstein angewendet. Die zeitliche Sensitivitätsanalyse ermittelt dabei für jeden Tag die dominanten Modellparameter für die jeweilige Zielgröße. Zu diesen modellierten Größen zählen verschiedene Abflusskomponenten wie Oberflächen- und Grundwasserabfluss, Prozesse wie Schneeschmelze und Verdunstung sowie Zustandsgrößen wie die Bodenfeuchte.

Diese Studie zielt darauf ab, zu untersuchen, wie sich die Sensitivitäten von Modellparametern über die Zeit ändern und welchen Einfluss die Wahl der Zielgröße hat. Dabei wird ein besonderer Fokus auf die Beziehung von Modellparametern und dem zugehörigen hydrologischen Prozess gelegt.

Die in dieser Studie präsentierte zeitliche Sensitivitätsanalyse zeigt, welche Parameter zu welchem Zeitpunkt dominant sind. Dabei ergibt sich, dass sich die Dominanz der Parameter und die zeitlichen Muster der Parametersensitivitäten bei einer Anwendung auf eine andere Zielgröße ändern. Durch die Anwendung der Sensitivitätsanalyse direkt auf den zugehörigen modellierten Prozess kann ein eindeutigeres Muster des zeitlich variierenden Parameterdominanz abgeleitet werden. Insbesondere die Steuerung von Prozessen geringerer Relevanz lässt sich durch diese Methode besser analysieren. Der Einfluss dieser Prozesse wird in den üblichen Studien mit dem Abfluss als Zielgröße von den dominanten Prozessen überlagert.

Erst eine Analyse der Sensitivität eines Parameters auf den zugehörigen Prozess zeigt, welche Rolle dem Parameter im Modell zukommt. Dies führt zu einem besseren Verständnis der Beziehungen zwischen Modellparameter und zugehörigem Prozess. Mit diesem Wissen können Parameter konsistenter in der Modellierung verwendet werden, um tatsächlich den zugehörigen Prozess abzubilden.

Auswirkungen der Trockenheit 2015 auf den Bodenwasserhaushalt von Waldstandorten in Nordwestdeutschland

Johannes Sutmöller, Henning Meeseburg, Jan Evers

Die Witterung im Jahr 2015 zeichnete sich durch viele Wetterextreme aus. Für die Forstwirtschaft von besonderer Bedeutung war die z. T. extreme Trockenheit im Frühjahr und Sommer. Anhand unterschiedlicher meteorologischer und hydrologischer Indikatoren können die Auswirkungen einer Trockenperiode gut beschrieben werden. Da Phasen der Trockenheit häufig mit erhöhten Temperaturen einhergehen, kann die erhöhte Verdunstung das Wasserdefizit deutlich verschärfen. Neben der Andauer und Intensität einer Trockenperiode spielt für die Forstwirtschaft der Zeitpunkt ihres Auftretens im Jahresverlauf eine wesentliche Rolle. Während Wassermangel in der Vegetationsperiode die Vitalität und das Wachstum der Wälder stark beeinträchtigen kann, wirken sich Trockenphasen im Herbst und Winter nur unmittelbar auf den Zustand der Bäume aus, wenn dadurch der Bodenwasserspeicher im Winter nur unzureichend aufgefüllt wird. Dabei reagieren Baumarten sehr unterschiedlich auf Wassermangelsituationen. Während Fichte und Buche als sehr trockenheitsempfindlich eingeschätzt werden, sind Eiche, Douglasie und Kiefer besser an Trockenheit angepasst.

Um der Frage nachzugehen, wie sich die Trockenheit auf den (Boden-) Wasserhaushalt von Waldstandorten im Jahr 2015 ausgewirkt hat, wurde der Bodenwasserhaushalt von forstlichen Intensiv-Monitoringflächen (Level II-Programm) in Nordwestdeutschland analysiert und die Auswirkungen auf den Zuwachs der Bäume anhand von Stammumfangmessungen bewertet. Um Aussagen für die Wälder im gesamten Untersuchungsraum treffen zu können, wurde der Wasserhaushalt für rund 400 Aufnahmepunkte der Bodenzustandserhebung (BZE II) mit Hilfe eines hydrologischen Modells simuliert. Das Ausmaß der Trockenheit im Jahr 2015 wurde anhand der Bodenwasserverfügbarkeit und anderer Trockenstressindikatoren abgeschätzt und mit langjährigen Mittelwerten und anderen Extremjahren verglichen.

Wie können die Nitratprozesse in Modellen besser abgebildet werden?

Marcelo Haas, Björn Guse, Matthias Pfannerstill, Nicola Fohrer

Nitrat ist einer der bedeutendsten Nährstoffe in agrarisch genutzten Einzugsgebieten. Transport und Transformationen von Nitrat werden von zahlreichen interagierenden Prozessen beeinflusst, und können die ökologischen Gewässerbedingungen belasten. Komplexe ökohydrologische Modelle können verwendet werden um die Prozessdynamik des Nitrats zu analysieren und zu verstehen. Diese Modelle müssen dabei so kalibriert werden, dass zeitgleich alle Prozesse gut abgebildet werden. Für diese Analysen wird das ökohydrologische Modell SWAT (Soil Water Assessment Tool) im vor allem agrarisch genutztem Einzugsgebiet der Treene/Schleswig-Holstein benutzt.

Die Verifizierung der modellierten Nitratprozesse lässt sich durch eine Analyse der zeitlichen Variationen von dominanten Nitratparametern erzielen. Hierfür können zeitliche Parametersensitivitätsanalysen (TEDPAS) in täglicher Auflösung auf Nitrat angewendet werden. Die zeitliche Sensitivitätsanalyse zeigt, dass die dominanten Parameter im Jahreszyklus variieren. Diese Dynamik zeigt sich hauptsächlich im Zusammenhang zum Nitrattransport und zur Pflanzenaufnahme. Die Ergebnisse der temporalen Sensitivitätsanalyse führen zu einem verbesserten Verständnis der dominanten Prozesse im Nitratkreislauf.

Zusätzlich, ist eine adäquate Modellkalibrierung für Nitrat sehr wichtig, bei der alle Prozesse berücksichtigt werden, die zur Steuerung der Nitratfracht relevant sind. Hierfür wird eine Nitratdauerkurve konstruiert und neben der Abflussdauerlinie in einem Kalibrierungsansatz in fünf Segmenten genutzt, um alle Abflusshöhen und Nitratfrachten separat zu untersuchen. Die Ergebnisse zeigen, dass sich die besten Modellläufe je nach Segment unterscheiden. Durch eine separate Berücksichtigung aller Segmente für Abfluss und Nitrat wird ein Modelllauf ausgewählt, der gleichzeitig alle Segmente gut abbildet.

Die Kombination eines besseren Verständnisses der Nitratprozesse durch eine zeitliche Parametersensitivitätsanalyse und ein adäquaten Abbildung aller Prozesse durch eine segmentweisen synchrone Kalibrierung von Abfluss und Nitrat ist somit hilfreich für eine fundiertere Steuerung von Nitratreduzierungen in Einzugsgebieten.

Ortsaufgelöste Messung der Wasseroberflächentemperatur an der Hahnöfer Nebelbe mit einem Tragschrauber

Jens Bongartz, Alexander Jenal, Caspar Kneer, Immanuel Weber, Björn Baschek, Katharina Fricke, Jens Wyrwa, Andreas Schöl

Die Wassertemperatur ist für viele Anwendungsfelder der Gewässerkunde ein wesentlicher Parameter. In-situ Messungen werden typischerweise nur an einzelnen Stellen durchgeführt. Aufnahmen mit einer luftgestützten Wärmebildkamera können diese zeitkontinuierlichen Punktmessungen durch Informationen über die flächige Verteilung der Temperatur der Wasseroberfläche ergänzen.

Die Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG) verfolgte bei einer Messkampagne an der Hahnöfer Nebelbe im Sommer 2015 das Ziel, die Temperaturbausteine eines im Haus entwickelten Gewässergüte-Modells (QSim) zu validieren. Dabei sollen insbesondere anhand von Temperaturkontrasten und –mustern die Effekte der numerischen Diffusion überprüft und Vergleiche mit in-situ Messungen vorgenommen werden. Aus den flächigen Fernerkundungsdaten sollen ferner repräsentative in-situ Messstellen identifiziert werden.

Aufgrund der Größe der betrachteten Fläche von knapp 24 km² und der Anforderung diese Fläche mehrfach am Tag bei veränderter Tide zu befliegen, wurde erstmals ein Tragschrauber eingesetzt, der vom Anwendungszentrum für multimodale und luftgestützte Sensorik (AMLS) ausgerüstet und betrieben wird. Das AMLS ist ein Kooperationsprojekt der Hochschule Koblenz und des Fraunhofer FHR in Bonn-Wachtberg. Die Befliegung war auch Teil der Forschung und Entwicklung neuer technischer Möglichkeiten der Fernerkundung für Gewässer durch die BfG.

Tragschrauber sind bemannte Ultraleicht-Fluggeräte, die sich von einem Hubschrauber dadurch unterscheiden, dass der Rotor nicht aktiv durch einen Motor, sondern nur durch den anströmenden Fahrtwind angetrieben wird. Diese sogenannte Autorotation sorgt für den nötigen Auftrieb und die Flugfähigkeit. Durch das einfache Konstruktionsprinzip sind Tragschrauber relativ preiswert in der Anschaffung und im Betrieb und daher eine sehr ökonomische Alternative zu Hubschraubern.

Für die Messaufgabe wurde am AMLS ein spezielles Multi-Kamerasystem (PanTIR) für den Tragschrauber entwickelt, das aus einer Wärmebild-Kamera und einer hochauflösenden Farbkamera besteht, die zeitgleich ausgelöst werden. Die Bildinformationen der Kameras werden registriert und in einer Bilddatei als unterschiedliche Ebenen gespeichert, so dass diese fest miteinander verknüpft sind.

Für die Abdeckung des Gebietes ergab die Flugplanung vier parallele Linien in einer Flughöhe von rund 1200m. Bei den einzelnen 45 bis 60 Minuten dauernden Flugmissionen konnten jeweils knapp 300 Bildpaare aufgezeichnet werden. Im Post-Processing wurden die hochauflösenden Einzelaufnahmen der Farbkamera am Computer mit Hilfe eines „Structures from Motion“-Algorithmus zu einem großen Orthomosaic-Luftbild zusammengefügt. Dieser Karte wurde abschließend die Temperaturinformation der Wärmebildkamera überlagert.

Bei der Messkampagne wurden an zwei aufeinander folgenden Tagen insgesamt sieben erfolgreiche Flüge durchgeführt. Im eingereichten Beitrag werden ausführliche Informationen zur Befliegung und erste Ergebnisse präsentiert.

Kleinräumige Hochwasserfrühwarnung im Lichte operationeller Anforderungen: Chancen und Grenzen bezüglich Nutzeransprüchen, Antriebsdaten sowie hydrologischer Modellansätze

Andy Philipp, Florian Kerl, Uwe Müller

In den letzten Jahren war der Freistaat Sachsen wiederholt sowohl von ausgedehnten Flusshochwassern, als auch durch extreme Abflussereignisse in Folge von Starkregen betroffen. Insbesondere nach einer Reihe von kleinräumigen Ereignissen im Jahre 2010 gab und gibt es eine intensive Untersuchung von Vorbedingungen, Antrieben sowie Methoden für die operationelle Ableitung von Frühwarnungen für kleinräumige und extreme Abflussereignisse.

Eine Frühwarnung vor potentiell gefahrträchtigen hydrologischen Reaktionen in kleinen Einzugsgebieten (welche gemessen an der benötigten Reaktionszeit der Stakeholder einen hinreichend langen Vorhersagezeitraum erfordert) muss dabei nicht nur hydrologische, sondern auch meteorologische Aspekte sowie Fragen der Kommunikation von Warnungen berücksichtigen.

Wir stellen einen dreigliedrigen Methodenansatz zur Identifikation von Nutzen und Grenzen einer Hochwasserfrühwarnung für schnell reagierende kleine Einzugsgebiete vor. Erstens untersuchen wir die Ansprüche potentieller Nutzer von Frühwarnprodukten (beispielsweise hinsichtlich benötigter/gewünschter Vorwarnzeiten, bevorzugter Warnprodukte, usw.). Zweitens werden (wieder mit Fokus auf kleine Einzugsgebiete) verschiedene quantitative Niederschlagsvorhersagprodukte räumlich und zeitlich verifiziert. Drittens und aufbauend auf den Erkenntnissen der beiden vorangegangenen Schritte, werden verschiedene Modellansätze und Konzepte zur Ableitung von für eine Warnung relevanten hydrologischen Vorhersagen/Prognosen untersucht. Hierbei wird der Bogen von „klassischen“ deterministischen Ansätzen, über datengetriebene Methoden (wie beispielsweise künstliche neuronale Netze), bis hin zu robusten und einfachen Bewertungsverfahren gespannt.

Unser Beitrag stellt Ergebnisse von Pilotuntersuchungen, welche der beschriebenen Methodik folgen, für sächsische sub-mesoskalige Einzugsgebiete vor. Ausgehend von diesen Erkenntnissen werden die Chancen und Grenzen einer Hochwasserfrühwarnung für kleine Einzugsgebiete aufgezeigt und schließlich ein prototypisches Warnsystem diskutiert.

Sicherstellung der Entwässerung küstennaher, urbaner Räume unter Berücksichtigung des Klimawandels - Stuck

Heiko Westphal, Fred Hesser, Sarah Gennis, Matthias Strauer, Gabriele Gönnert

Der Landesbetrieb Straßen, Brücken und Gewässer der Freien und Hansestadt Hamburg erarbeitet mit einem multidisziplinären Projektteam im Verbundforschungsprojekt Stuck ein sektorübergreifendes Konzept der küstennahen Gewässerbewirtschaftung für urban geprägte Fließgewässer. Das zeitgleiche Auftreten von Starkniederschlägen mit hohen Tidewasserständen oder sogar Sturmfluten verhindert zeitweise die freie Entwässerung in das Tidegewässer, die Elbe (Sperrtiden). So entsteht ein Rückstau in den Binnengewässern. Der Klimawandel birgt, neben dem Meeresspiegelanstieg, das Risiko, dass die auslösenden Wetterlagen zukünftig häufiger auftreten und die Gefahrenlage länger andauern kann.

Auf Grund der kleinräumigen Einzugsgebiets- und Gewässerstruktur in den Modellregionen wird zunächst die Kurzzeitvorhersage des Niederschlags hinsichtlich zeitlicher und räumlicher Auflösung verbessert. Grundlage dafür sind Radarmessdaten, Radar-Nowcast und Ensembles der numerischen Wettervorhersage. Anhand dieser Niederschlagsvorhersagen werden Abflüsse, Wasserstände und Überschwemmungsflächen als Hindcast mit einem NA-Modell berechnet. Die gängige Praxis des Hochwassermanagements in den Einzugsgebieten der Binnengewässer wird recherchiert und im kalibrierten Modell abgebildet. Darauf aufbauend werden alternative Managementstrategien hinsichtlich ihrer Schutzwirkung getestet und bewertet. Neben den Maßnahmen während des Hochwasserereignisses werden auch langfristige Bewirtschaftungsstrategien entwickelt. Die dazu nötigen Flächen, wie Rückhaltebecken, werden im IST-Zustand bodenkundlich und vegetationsbezogen kartiert und deren Ökosystemfunktionen, wie beispielsweise Kohlenstoffsenkung oder Wasserregulationsfunktionen, ermittelt. Durch eine geänderte Bewirtschaftung ergibt sich eine geänderte Ökosystemleistung, die im Projekt monetär bewertet wird. Auf Grundlage der Kosten für Hochwasserschutzmaßnahmen sowie der genauen Kenntnis deren Wirkung beim Hochwasserereignis, dem Gewinn an Ökosystemleistung, der Folgenabschätzung des Klimawandels und dem bestehenden Schadenspotenzial können nachhaltige Handlungsempfehlungen in urbanen Bereichen erstellt werden. Die Ergebnisse von Stuck haben eine hohe Praxisrelevanz und sind auf andere küstennahe Standorte übertragbar. Durch die verbesserte Starkniederschlagsvorhersage kann der Warndienst Binnenhochwasser Hamburg präzisere Aussagen liefern. Die optimierten Bewirtschaftungs- und Steuerungsstrategien werden in die wasserwirtschaftliche Praxis einfließen. In vielen küstennahen Städten mit Binnenentwässerung in Tidegewässer besteht eine ähnliche Problemlage, was sich in einem hohen Anteil von Praktikern innerhalb der zwölf assoziierten Partner von Stuck widerspiegelt.

Grenzüberschreitende Modellierung von Stoffeinträgen im Einzugsgebiet des Inn

Steffen Kittlaus, Lucas Reid, Stephan Fuchs

Zur Erfüllung der Berichtspflichten der Wasserrahmenrichtlinie zu Nährstoff- und Schadstofffrachten in Oberflächengewässern werden in Deutschland seit geraumer Zeit Stoffeintragsmodelle verwendet. Beispiele dafür sind das Stoffeintragsmodell MONERIS (MOdelling Nutrient Emissions in RIver Systems) für Nährstoffe und das darauf aufbauende Stoffeintragsmodell MoRE (Modelling of Regionalized Emissions), welches auch für Schadstoffe, wie beispielsweise Schwermetalle, polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe, prioritäre Schadstoffe oder Mikroschadstoffe genutzt wird.

Diese Art von Modellen ist stark von der Qualität der Eingangsdaten abhängig. Basierend auf Datensätzen zur Landnutzung, Wasserbilanz, statistischen Daten und stoffspezifischen Daten werden mit dem Ansatz der regionalisierten Pfadanalyse die Stoffeinträge in die Oberflächengewässer berechnet und plausibilisiert.

Um die Stofffrachten von Flussgebieten wie beispielsweise dem Rhein und der Donau vollständig abschätzen und plausibilisieren zu können, werden auch die nicht deutschen Gebietsanteile modelliert, meist jedoch auf einer deutlich schlechteren Datenbasis als die deutschen Flussgebietsanteile. Ursache dafür ist die begrenzte Datenzugänglichkeit und -verfügbarkeit.

Dies kann zu Sprüngen in den Ergebnissen entlang der Staatsgrenzen führen.

Um diesem Problem zu begegnen haben sich im Inn-Einzugsgebiet verschiedene Projektpartner grenzübergreifend zu einem Kooperationsvorhaben zusammen getan, um das grenzübergreifende Einzugsgebiet des Inn (4 Staaten) mit den bestmöglichen Eingangsdaten und Modellansätzen zu modellieren:

- Das Umweltbundesamt Deutschland
- Das Institut für Wasser und Gewässerentwicklung des Karlsruher Institut für Technologie
- Das Umweltbundesamt Österreich
- Das bayerische Landesamt für Umwelt
- Der Forschungsbereich Wassergütewirtschaft der TU Wien

Gemeinsam wollen die Projektpartner zeigen, in wieweit durch enge Kooperation ein konsistenter Ergebnisdatensatz auch über Staatsgrenzen hinweg erzeugt werden kann.

Für die Modellierung wird das Modellsystem MoRE für das Einzugsgebiet des Inn neu aufgesetzt. Die Ansätze zur Modellierung der Wasserbilanz und der Feststoffbilanz urbaner und ländlicher Gebiete sollen verbessert werden.

Parallel wird im Einzugsgebiet ein angepasstes Monitoring durchgeführt um geeignete Daten für die Validierung der Ergebnisse zu erheben.

Der Vortrag wird erste Zwischenergebnisse des Projektes präsentieren.

Analyse zukünftiger Landnutzungsänderungen und regionaler Wasserverfügbarkeit im Südwesten Nicaraguas in Folge des Baus des Nicaraguakanals

Jochen Hack, Andrea Muñoz Ardila, Angela Rebscher

Die nicaraguanische Regierung hat am 23.12.2014 den Baubeginn des interozeanischen Nicaraguakanals verkündet. Der 278 km lange Kanal soll eine weitere Verbindung zwischen dem Pazifischen und Atlantischen Ozean bilden und über eine größere Passagekapazität für Containerschiffe als der Panamakanal verfügen. Der Kanalbau wird das Land nachhaltig verändern und eine große Beeinflussung von Natur und Gesellschaft bedeuten. Von Wissenschaftlern und Naturschützern wird kritisiert, dass der Bau ohne eine unabhängige Umweltverträglichkeitsprüfung und ohne ein öffentliches Referendum begonnen wurde.

Dieser Tagungsbeitrag stellt erste Ergebnisse zu laufenden Untersuchungen zu Landnutzungsänderungen, die durch den Kanalbau auf der Pazifikseite Nicaraguas hervorgerufen werden, sowie zu hydrologischen Untersuchungen des Gebietes zur Ermittlung der Wasserverfügbarkeit der vom Kanal zu durchquerenden Flusseinzugsgebiete und deren Potenzial zur Deckung des Wasserbedarf der Schleusen vor. Mithilfe eines Geoinformationssystems wurden dazu Landsat-Daten zur Landnutzungsklassifizierung in der Kanalzone analysiert. Parallel dazu wurden mit Hilfe von SRTM-Daten die betroffenen Flusseinzugsgebiete analysiert und ein hydrologisches Modell aufgesetzt.

Durch die Abbildung des Gewässernetzes mit Hilfe der SRTM-Daten konnte der Kanalverlauf und dessen Kanalzone rekonstruiert werden sowie die unmittelbar beeinflussten Einzugsgebiete identifiziert werden. Dadurch konnten die durch den Kanalbau bedingte Änderung in der Topografie analysiert und quantifiziert werden. Für die 401 km² große Kanalzone wurden die betroffenen Landnutzung identifiziert und anhand von Landnutzungsklassen quantifiziert. Anschließend wurde durch ein konzeptionelles hydrologisches Modell das Wasserdargebot der von der Kanalzone durchquerten Einzugsgebiete berechnet und der Wasserbedarf der Kanalschleusen quantifiziert. Mit Hilfe sozio-ökonomischer Zensus-Daten über die Verwaltungsgliederung, die Verteilung der Bevölkerung und die Verkehrswege, konnte schließlich die Beeinflussung der Bevölkerung in der Kanalzone quantifiziert und interpretiert werden.

Schließlich wurden die Ergebnisse zum Kanalverlauf und der Kanalzone im Hinblick auf topografische Veränderungen, Landnutzungsänderung, Deckung des Wasserbedarfs der Kanalschleusen aus regional verfügbaren Oberflächengewässern sowie die sozio-ökonomische Beeinflussung der Bevölkerung durch den Kanalbau den offiziellen Angaben gegenüber gestellt und mit ihnen verglichen. Mögliche Auswirkungen auf die Bevölkerung, die Vegetation, die Artenvielfalt und auf den Abfluss konnten dadurch identifiziert und erläutert werden.

Entwicklung einer Methode zur GIS-basierten Abschätzung mittlerer Abflüsse für Einzugsgebiete mit schwacher Datengrundlage

Angela Rebscher, Jochen Hack, Andrea Muñoz Ardila, Tim Hirth

Niederschlags-Abfluss-Modelle ermöglichen die Vorhersage des Abflussgeschehens anhand von Gebietsinformationen zu Topographie, anstehendem Boden und Landnutzung, sowie Niederschlagsmessungen oder -Prognosen. Aktuelle rurale Modelle basieren dabei auf Simulationen der Bodenfeuchte, wobei mit hoher Rechenleistung Simulationen in hoher zeitlicher und räumlicher Auflösung ermöglicht werden. Zur Nutzung dieser Modellansätze werden jedoch vielfältige Eingangsdaten benötigt, welche in weiten Teilen der Welt nicht vorliegen.

Um dennoch Abschätzung von hydrologischen Kenngrößen zu ermöglichen, müssen einfache, großskalige Ansätze gefunden werden, welche einen soliden Schätzwert für Abflüsse und Wassermengen im Einzugsgebiet liefern. Weiterhin müssen alternative Datenquellen gefunden bzw. die verfügbaren Daten in veränderter Weise genutzt werden.

Anstoß für die hier vorgestellten Ansätze war die Aufgabe GIS-basiert, großflächig nach geeigneten Standorten für mobile Kleinwasserkraftanlagen fernab vom Stromnetz zu suchen. Das erarbeitete Verfahren wurde ein weiteres Mal mit der gleichen Vorgehensweise verwendet, um die hydrologische Bilanz und den Wasserbedarf der Schleusen für einen geplanten Kanal abzuschätzen.

Die Vorgehensweise dabei ist es GIS-basiert Gewässerläufe zu identifizieren und deren mittleren Abfluss, angepasst an die vorhandenen Niederschlagsdaten, auf Monatsbasis aus frei verfügbaren Daten abzuleiten. Hierzu wird ein kombiniertes Verfahren aus GIS-Funktionalitäten und einfachem N-A-Ansatz basierend auf dem Curve-Number-Verfahren gewählt. Der Ansatz wurde dabei sowohl auf den benötigten Zeitschritt von Monatsdaten, als auch auf die lokalen Gegebenheiten und die Datenlage angepasst. Alle Eingangsdaten, insbesondere Topographie, Gewässerläufe, Gebietseigenschaften und Niederschlag werden aus Fernerkundungsdaten abgeleitet. Entsprechend stellt das Geoinformationssystem die richtigen Funktionalitäten zu Verfügung um als Arbeitsbasis die Anforderungen an das hydrologische Modell mit der Datenauswertung zu verbinden. Weitergehende Anforderungen, wie z.B. eine ergänzende Standortsuche, lassen sich ebenfalls realisieren.

Eine einfache Kalibrierung wird anhand bekannter Gebietsinformationen und Einmalmessungen realisiert. Für beide Projekte konnten so verlässlich erscheinende Schätzwerte bestimmt werden. Die erzielten Genauigkeiten der ermittelten, mittleren Abflüsse werden für verschiedene zeitliche Auflösungen vorgestellt.

Es wird weiter gezeigt, welche Ergebnisse mit der erarbeiteten Methode bereits erzielt wurden, welche Problematiken identifiziert - und welche Lösungsansätze vorgeschlagen werden. Dies ist insbesondere eine Anpassung des Curve-Number-Ansatzes auf die Verwendung von Monatsdaten, die Anpassung der Verlustansätze an die örtlichen Gegebenheiten, die Ableitung einer passenden Basisabflusskomponente und die Ableitung der benötigten Gebietsinformationen aus Fernerkundungsdaten.

Anpassung der Schmutzfrachtsimulation an die Anforderungen immissionsorientierter Gewässergütemodellierung

Michael Kissel, Jochen Hack

Mit der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) wird u.a. das Ziel definiert einen guten ökologischen und chemischen Zustand der Oberflächengewässer zu erreichen. Die wesentlichen Instrumente der WRRL sind Bewirtschaftungspläne und Maßnahmenprogramme, die auf Bestandsaufnahmen und Überwachungsprogrammen basieren und deren Erfolg wiederum von diesen kontrolliert wird. Hierdurch soll die Erreichung der Zielsetzung gesichert werden. Ein Teil des Maßnahmenprogrammes bezieht sich auf die Einschränkung von Einleitungen aus Punktquellen (Abwasser-/Mischwasser- und Regenwassereinleitungen). Mit der WRRL wird neben einer emissionsorientierten Betrachtung der Einleitungen in die Gewässer auch die immissionsorientierte Betrachtung gefordert. In Hessen gibt es hierzu den Leitfaden „Immissionsbetrachtung“, für den ein Werkzeugpaket bestehend aus BlueM (hydrologisches Flussgebietsmodell) und SMUSI (hydrologisch-konzeptionelles Schmutzfrachtsimulationsmodell) existiert.

Fokus des folgenden Forschungsvorhabens ist die Modellierung des Schmutzstoffeintrages aus Siedlungsgebieten in die Oberflächengewässer durch Mischwasserentlastungen. Hierzu wird das Modell BlueM direkt um die Schmutzfrachtsimulationsansätze des Modells SMUSI erweitert werden. Ziel dieser Erweiterung ist es Rechenzeitvorteile bei der kontinuierlichen Langzeitsimulation zu erreichen und Modellansätze von SMUSI zu modifizieren oder zu erweitern. Abschließend sollen die Auswirkungen auf die Ergebnisse der Langzeitsimulation nach dem Leitfaden „Immissionsbetrachtung“ des Landes Hessen qualitativ untersucht werden.

In dem Posterbeitrag wird die zur Bearbeitung der Integration von SMUSI in BlueM und der Modifizierung oder Erweiterung der SMUSI Ansätze entwickelte Methodik aufgezeigt.

Die Integration beruht auf einer Quellcodeanalyse, der Entwicklung von Flowcharts zur Darstellung des Ablaufes der wesentlichen Prozesse, sowie auf Blueprints als detaillierte Implementierungsanleitung. Es wird beispielhaft der Implementierungsablauf demonstriert. Bezüglich der Modifizierung der SMUSI Ansätze werden in Abwesenheit von Messdaten eines realen Systems auf vorhandene SMUSI-Datensätzen einiger Siedlungen zurückgegriffen. Diese werden mit einem geeigneten hydrodynamischen Modell nachgebildet. Hiermit werden die ausgewählten Siedlungen qualitativ hinsichtlich der hydraulischen Eigenschaften des Kanalsystems der Akkumulation und des Abtrages von Schmutzstoffen auf versiegelten Flächen, sowie der Deposition und Resuspension der Sedimente im Kanal untersucht. Die Modellierungsergebnisse dienen als Indikator für potentiell zu erwartende Phänomene (z.B. First Flush, Sedimentablagerungen) und beeinflussen die Konzeption der angestrebten Modellmodifizierung bzw. -erweiterung. Das Ziel wird es sein SMUSI die Abbildung dieser Phänomene zu ermöglichen, wobei berücksichtigt werden muss, dass SMUSI aus hydrologisch-konzeptionellen Ansätzen besteht.

Oszillation eines See-Einzugsgebietes

Christian Lehr, Franziska Pöschke, Gunnar Nützmann, Gunna Lischeid

Der Stechlin-See und die benachbarten Seen sind die südlichsten Ausläufer der Mecklenburger Seenplatte. Die pleistozän geprägte Landschaft zeichnet sich durch mächtige Schichten durchlässiger Sedimente aus. Dies hat zur Folge, dass die Grundwasserdynamik die Seewasserspiegeldynamik dominiert. Die Grundwasserscheiden, die die Einzugsgebiete der Seen abgrenzen, sind zeitlich sehr variabel und unterscheiden sich in nassen Jahren deutlich von denen in trockenen Jahren, was die Modellierung der Dynamik stark erschwert.

Für das Gebiet um den Stechlinsee liegen seit 1967 Wasserstandsmessungen an 40 Grundwasser- und 20 Oberflächenwassermessstellen in monatlicher Auflösung vor. Die Daten wurden genutzt, um die horizontale Ausdehnung des unterirdischen Einzugsgebietes des Stechlinsees im zeitlichen Verlauf zu bestimmen. Durch Analyse der Jahresmittelwerte der Wasserstände mittels einer Self Organizing Map konnten die einzelnen Jahre gemäß der Unähnlichkeit der vorherrschenden räumlichen Muster der Wasserstände im Untersuchungsgebiet klassifiziert werden. Mittels anschließender Interpolation der Wasserstände wurden schwankende Einzugsgebietsgrößen des Stechlinsees im Untersuchungszeitraum bestimmt. Die hohe räumliche Dichte der Grundwasserpegel ermöglichte es weiterhin, mittels eines linearen Verfahrens zur Dimensionsreduktion (Hauptkomponentenanalyse) das Einzugsgebiet hinsichtlich der wesentlichen hydrologisch relevanten Einflussfaktoren und deren zeitlichen Verlauf räumlich explizit zu charakterisieren.

Modellierung der zeitlich variablen Verzahnung zwischen Standgewässer und Grundwasser

Jörg Steidl, Steffen Gliège, Gunna Lischeid, Christoph Merz

Die unzähligen Sölle jungpleistozäner Landschaften haben bedeutende ökologische aber auch hydrologische Funktionen. Sie stellen Senken dar, in denen sich Wasser und damit transportierte Stoffe aus den meist landwirtschaftlich genutzten Einzugsgebieten sammeln. Gleichzeitig wirken Sölle aber auch als biogeochemische Reaktoren mit sehr hohen Umsatzraten. Sind mehrere Sölle jedoch unterirdisch hydraulisch verbunden, kann die laterale Wasser- und Stoffabgabe aus einem Soll bis in beträchtliche Entfernungen und über längere Zeiträume im oberen Aquifer wirken. Solche Verknüpfungen zwischen Oberflächengewässern und Grundwasser sind bei Untersuchungen der Gewässerbeschaffenheit unbedingt zu beachten.

Dieses Austauschverhalten wird durch eine Vielzahl von Faktoren beeinflusst, die in der Landschaft gewöhnlich sehr heterogen verteilt und deshalb schwer zu erfassen sind. Daher wurde mit einem numerischen Modell versucht, den möglichen lateralen Stoffaustausch zwischen Soll und dem umgebenden Grundwasser zu quantifizieren. Grundlage war ein stark vereinfachtes Strukturmodell in der Form eines vertikal ebenen Schnittes durch das reale Einzugsgebiet eines Solls bis in den unterliegenden Geschiebemergel. Hydraulisch ist das Soll mit zwei benachbarten Söllen unterirdisch verbunden. Die mögliche Heterogenität der Sedimente wurde durch unterschiedliche aber uniforme Modellparametrisierungen der hydraulischen Eigenschaften der Sedimente abgebildet. Mit weiteren Faktoren, wie die Mächtigkeit der wasserleitenden Deckschicht des Geschiebemergels sowie der Ausbildung der lateralen Randbedingungen, wurden 26 verschiedene Parametrisierungen des Strukturmodells abgeleitet und als entsprechende Modellvarianten implementiert. Als numerisches Werkzeug stand HydroGeoSphere zur Verfügung. Der Wasser- und Stoffaustausch zwischen Oberflächengewässern und Grundwasser ist in diesem Modell numerisch gekoppelt implementiert. Zahlreiche Publikationen belegen das Erfordernis und die Eignung dieses Ansatzes.

Für den Modellzeitraum von November 1994 bis Oktober 2014 wurden an 26 Modellvarianten Wasserhaushaltsberechnungen mit HydroGeoSphere durchgeführt. Ziel war die Abschätzung der möglichen Bandbreite zeitlicher Verläufe des lateralen Wasseraustausches zwischen Soll und dem umgebenden Grundwasser. Für weitere Analysen wurden drei Modellvarianten mit der jeweils größten, kleinsten und mittleren Anzahl von Tagen mit einer Wasserbewegung aus dem Soll in das umgebende Grundwasser ausgewählt. In diesen drei Modellvarianten wurde an der Sollsohle kontinuierlich ein nicht reaktiver Tracer injiziert, um die Modellrechnungen um den Stofftransport zu erweitern. Im Ergebnis konnten schließlich Aussagen zur möglichen Bandbreite der zeitlichen und räumlichen Dynamik des Wasser- und Stoffaustausch zwischen Soll und umgebendem Grundwasser abgeleitet werden.

Methoden der Eventgenerierung in einem probabilistischen Modell zur Analyse des räumlich differenzierten Hochwasserrisikos

Benjamin Winter, Klaus Schneeberger, Matthias Huttenlau, Kristian Förster, Johann Stötter

Die Analyse und Abschätzung der negativen Auswirkungen von Hochwasser auf die Gesellschaft ist die Grundlage eines effizienten Hochwasserrisikomanagements. Dabei wird das Hochwasserrisiko als die Wahrscheinlichkeit des Hochwasserereignisses sowie dessen negativen Konsequenzen verstanden. Bei der Betrachtung größerer, sowie stark gegliederter Flusseinzugsgebiete ist es zudem notwendig die räumlich heterogene Struktur der Hochwasserereignisse zu berücksichtigen. Für die statistische Auswertung wird hierfür eine möglichst große Anzahl an vergangenen Hochwasserereignissen benötigt. De facto stehen dem nur wenige dokumentierte Ereignisse gegenüber. Diese Limitierung kann durch Generierung synthetischer, physikalisch und räumlich plausibler Hochwasserereignisse überwunden werden.

Unter den beschriebenen Rahmenbedingungen wurde für das Untersuchungsgebiet Vorarlberg (Österreich) ein probabilistisches Modell zur Analyse des räumlich differenzierten Hochwasserrisikos aufgebaut. Eine große Anzahl von synthetischen Hochwasserereignissen wird mit einem multivariaten, statistischen Modell auf Basis von Abflusszeitreihen erstellt, welche mittels anschließender geostatistischer Regionalisierung auf das gesamte Flussnetz übertragen werden. Die räumlich heterogenen, synthetischen Events werden mit Schadens-Wahrscheinlichkeits-Beziehungen, aggregiert auf Gemeindeebene, kombiniert und bewertet. Durch die statistische Auswertung einer großen Anzahl von synthetischen Ereignissen können Aussagen über maximale Schäden sowie den durchschnittlich jährlich zu erwartenden Schaden an Gebäuden getroffen werden.

Nachteil der skizzierten, statistischen Methode der Eventgenerierung ist, dass Rückschlüsse über die Hochwasserprozesse nicht möglich sind. Weiterhin werden nur Spitzenabflüsse der Ereignisse und keine Ganglinien erzeugt. Um diese Einschränkungen zu überwinden, wird die bestehende Methode durch eine zweite Methode ergänzt. Dieser alternative Ansatz verwendet ein gekoppeltes Modell aus Wettergenerator und Niederschlag-Abflussmodell, welches das gesamte hydrologische System von der Meteorologie bis zum Hochwasser abbildet. Neben dem direkten Vergleich der unabhängigen Methoden, können somit weitere Fragestellungen in das Risikomodell integriert und beantwortet werden. Dies reicht von der Möglichkeit einer hydrodynamischen Modellierung der Überschwemmungsflächen bis hin zur Betrachtung der Auswirkungen von Landnutzungsveränderungen und Klimaszenarien. In diesem Posterbeitrag werden die unterschiedlichen Konzepte der Eventgenerierung und ihre Einbettung in das bestehende Hochwasserrisikomodell dargestellt.

Wasserhaushalt und Salzdynamik eines küstennahen Niedermooses im Grenzbereich zwischen Binnenland und Ostsee unter sich verändernden Bedingungen

Konrad Miegel, Benny Selle, Thomas Gräff, Thomas Salzmann, Sascha Oswald, Axel Bronstert

Küstennahe Niedermoore wie das Naturschutzgebiet „Hütelmoor und Heiligensee“ (NSG) bei Rostock gehören zu den prägenden Landschaftselementen entlang der deutschen Ostseeküste. Ihre Nutzungsgeschichte zeichnet sich durch einen ständigen Wandel aus. Schon vor Jahrhunderten wurde begonnen, sie durch Entwässerungssysteme, die immer wieder ausgebaut und erweitert worden sind, nutzbar zu machen. Der Dünenbau hat spätestens im 20. Jahrhundert zu ihrer nahezu vollständigen Abriegelung gegenüber der Ostsee geführt. Neuerdings wird bei einzelnen solcher Niedermoore die Renaturierung angestrebt. Mit solchen Eingriffen hat sich immer wieder auch ihr hydrologisches Regime verändert. Während sie sich unter natürlichen Bedingungen durch einen intensiven Austausch mit der Ostsee auszeichnen, kommt es jetzt nur noch selten bei Dünendurchbrüchen zur Überflutung durch die Ostsee.

Das hier untersuchte NSG gehört zu den Niedermooren, die sich durch Renaturierung erneut in einem Umbruch befinden. Es hat Pilotcharakter, um die damit verbundenen hydrologischen Veränderungen unter dem Einfluss von Meeresspiegelanstieg und Klimawandel zu studieren. Der Rückbau seines Schöpfwerkes ab Beginn der 90-iger Jahre und noch mehr der Bau einer Sohlschwelle am Gebietsauslass 2009 gingen mit der Wiedervernässung des Gebietes einher. Die Aufgabe der Dünenunterhaltung hat bereits jetzt zum teilweisen Abtrag der Düne bei Sturmfluten geführt, so dass bei der nächsten schweren Sturmflut mit einem Durchbruch gerechnet werden muss. Die letzte Sturmflut, die zu einem Dünendurchbruch und zur Versalzung des Niedermooses geführt hat, ereignete sich im November 1995.

Das Ziel unserer Untersuchungen im NSG besteht darin, die Grundmuster seines hydrologischen Verhaltens und seine Austauschprozesse mit der Ostsee zu identifizieren. Dies soll auf der Grundlage kontinuierlicher Messungen zu Grundwasserständen und elektrischen Leitfähigkeiten im Moorkörper, die seit 2009 durchgeführt werden, sowie von meteorologischen und Durchflussmessungen erfolgen. Gegenstand des Beitrags ist eine Systemanalyse und die Bilanzierung der Wasserflüsse über die Systemgrenzen hinweg (Niederschlag, Verdunstung, Zuflüsse aus den angrenzenden Teilen des Einzugsgebietes, unterirdischer Austausch mit der Ostsee, oberirdischer Gebietsabfluss). Die episodische Versalzung des Untersuchungsgebietes im Verlauf von Sturmfluten mit Dünendurchbruch bietet daneben die Möglichkeit, das spezifische Prozessgeschehen innerhalb der Niederung (vertikaler Austausch durch Niederschlag, Verdunstung und aufsteigendes GW, laterale Transporte, Austausch mit den Gräben) auf der Grundlage eines natürlichen Tracers schärfer als sonst möglich zu identifizieren. Charakteristisch und Spiegelbild der Wasserflüsse sind u. a. Ausdünnung zwischen Ereignissen mit Eintrag von Salzwasser sowie die Saisonalität und räumliche Muster der Salzkonzentrationen innerhalb des Moorkörpers, die mit der Funktion des Entwässerungssystems im engen Zusammenhang stehen.

Zukünftiger Anstieg der Nitratkonzentrationen unter Wald im norddeutschen Tiefland: Droht Stickstoff-Eutrophierung durch Klimawandel?

Stefan Fleck, Bernd Ahrends, Johannes Sutmöller, Hilmar Messal, Ralph Meissner, Henning Meesenburg

Zur Bestimmung genereller, grenzüberschreitender Entwicklungstendenzen wurden die zukünftigen Nitratkonzentrationen in Sickerwasser, Grundwasser und Fließgewässern in Waldgebieten des norddeutschen Tieflands im Rahmen des Projekts „Nachhaltiges Landmanagement in Norddeutschen Tiefland (NaLaMa-nT)“ mit Modellen abgeschätzt. Unabhängige, zum Teil gekoppelte empirische und prozessorientierte Modelle wurden auf vier Modellregionen und Einzugsgebiete des norddeutschen Tieflands kombiniert angewendet. Die Modellregionen repräsentieren dabei die im norddeutschen Tiefland vorkommenden Gradienten an Kontinentalität, Stickstoffdeposition, Anteil organischer Böden und Bodenfruchtbarkeit. Die Modelle wurden auf der gemeinsamen Grundlage des Emissionsszenarios RCP 8.5 ausgeführt, welches anhand des Medianlaufs von drei globalen Zirkulationsmodellen (INM-CM4, ECHAM6 und ACCESS 1.0) und der Regionalisierung mit STARS (Orlowsky et al. 2008) zu einem Klimaszenario verarbeitet wurde.

In dem gekoppelten Modellsystem wurde zunächst die klimasensitive Waldentwicklung mit dem Modell Waldplaner (Hansen und Nagel 2014) simuliert, die die Grundlage für die Wasser- und Stoffhaushaltsmodellierung bildet. Der Wasserhaushalt der Modellregionen und Einzugsgebiete wurde mit einem Ensemble der Modelle WaSiM-ETH (Schulla 2015), SWAT (Arnold et al. 1998) und TUB-BGR- (Wessolek et al. 2008) für den Zeitraum von 1991 bis 2070 berechnet, um die Auswirkungen der erwarteten klimatischen Entwicklungen auf Grundwasserneubildung und Abflussspende zu quantifizieren. Die mit dem Wasserhaushaltsmodell WaSiM-ETH ermittelte Grundwasserneubildung und Bodenwasserverfügbarkeit dienen als Eingangsdaten für die Berechnung von Nitratkonzentrationen mit dem Stoffhaushaltsmodell VSD+ (Bonten et al. 2011), in dem auch das Kohlenstoffmodell Roth-C (Coleman und Jenkinson 2005) integriert ist. Die Plausibilität der Kohlenstoffdynamik wurde mit den Messdaten der Bodenzustandserhebungen und zusätzlich mit dem Modell Yasso07 (Tuomi et al. 2009) überprüft.

Die Wasserhaushaltssimulationen mit den verschiedenen Verfahren wiesen insgesamt eine weitgehend zufriedenstellende Übereinstimmung auf und zeigten alle, dass mit einem tendenziellen Rückgang der Grundwasserspende bis zum Jahr 2070 zu rechnen ist. Gleichzeitig lassen die erwarteten Temperaturerhöhungen langfristig eine gesteigerte Mineralisierung der Humusvorräte erwarten. Durch das Zusammenwirken des Abbaus der Humusvorräte und der überregional zurückgehenden Grundwasserneubildung ist mit einem nachhaltigen Anstieg der Nitratkonzentrationen im Grundwasser und in Oberflächengewässern in Waldgebieten zu rechnen. Der Anstieg kann besonders in Regionen mit hoher Stickstoffdeposition zu einer Verletzung der Qualitätskriterien der Wasserrahmenrichtlinie führen. Durch Maßnahmen der Waldbewirtschaftung im Hinblick auf Klimaschutz oder Erhalt der Biodiversität lässt sich die grundlegende Tendenz einer zunehmenden Eutrophierung nur begrenzt beeinflussen.

Modellierung des Wasser- und Salzhushalts einer Küstenregion unter dem Einfluss des Klimawandels und der Berücksichtigung verschiedener Landnutzungsstrategien

Thomas Gräff, Stefan Krause, Axel Bronstert, Sascha Oswald, Loes van Schaik, Anett Schibalski, Martin Maier, Julius Eberhard

Küstenregionen haben mit einer erheblichen Beeinträchtigung durch den Klimawandel zu rechnen. Neben steigendem Meeresspiegel sind erhöhte Eintrittswahrscheinlichkeiten von Sturmfluten, Starkregenereignissen und Trockenperioden zu erwarten. Eine verstärkte Versalzung durch Grundwasserintrusionen in den Sommermonaten und starke Vernässung während der Wintermonate resultierend.

In dieser Studie wird untersucht, wie unterschiedliche Landnutzungsstrategien die regionale Hydrologie und die Gefahr der grundwasserbedingten Versalzung einer Küstenregion an der Mündung der Ems in Ostfriesland regional beeinflussen. Die vorliegende Landnutzung wird durch Weidewirtschaft dominiert. 30 % der Fläche liegen unter dem Meeresspiegel, weswegen eine permanente Entwässerung erforderlich ist. Die dominanten Marschböden sind charakterisiert durch geringe Permeabilität und verhindern eine Interaktion mit dem brackischen Aquifer. Ein gekoppelte Grundwasser- / Oberflächenwassermodell wird zur Ermittlung der Wasserbilanz genutzt. Für die Auswirkungen des Salzgehalts wird das SWAP-Modell verwendet. Die Randbedingungen werden durch regionale Klimasimulationen basierend auf den IPCC Emissionsszenarien in Kombination mit drei Meeresspiegelanstiegsszenarien dargestellt.

Die untersuchten Landnutzungsstrategien beinhalten ein Szenario in dem der technische Ausbau des Gebietes sich an die veränderten Umweltbedingungen des Klimawandels anpassen wird. Drei Strategien nutzen Polderflächen um überschüssiges Wasser während der Sturmflutsaison aus ansteigenden Niederschlagsmengen aufzufangen und dienen als Süßwasserreservoir während der trockenen Sommer. Dabei werden in zwei Landnutzungsoptionen große Polderflächen errichtet und als Naturschutzgebiete ohne landwirtschaftliche Nutzung bzw. durch extensive Landnutzung betrieben. In einer dritten Polder- Strategie haben die lokalen Akteure ein Netzwerk aus kleineren Polderflächen entwickelt mit einem intensivierten Entwässerungssystem.

In der „Trend“ Option garantieren Küstenschutz und Drainagenetz den Flächenerhalt, mit der Konsequenz ansteigender Pumpkosten. Versalzung tritt lokal auf.

Während die Polder gut in der Lage sind die ansteigenden Niederschlagsmengen zwischen zu speichern werden 20 % der Landfläche extensiviert bzw. aus der Nutzung genommen und führen zu einer unterschiedlich starken Umgestaltung der Landschaft. Versalzung konnte effektiv entgegengewirkt werden.

In dieser Studie wurde der Einfluss verschiedener Landnutzungsstrategien auf den Wasser- und Salzhushalt als auch der aufkommenden Pumpkosten und Grundwasserneubildung einer Küstenregion dargestellt. Die Verschiedenen Szenarien haben unterschiedliche Vor- und Nachteile, die bei weiterer Planung berücksichtigt werden müssen. In jedem Fall wird es durch Versalzung oder Nutzungsänderung zum Verlust von Landwirtschaftlichen Flächen kommen und die Unterhaltungskosten werden ansteigen.

Das Immissionsprinzip im Gewässerschutz - Herausforderungen für Forschung und Praxis

Michael Bach, Markus Funke, Ralf Mehler

Eine aktuelle Handlungsanleitung im Bereich der immissionsorientierten Nachweisführung ist der vom Land Hessen publizierte Leitfaden „Immissionsbetrachtung“. Mit der verbindlichen, flächendeckenden Einführung einer modellgestützten Methodik hat sich Hessen bundesweit in eine Vorreiterrolle begeben. Die Anwendung des Leitfadens stellt die Praxis vor große Herausforderungen, es ergeben sich aber auch viele Forschungsfragen im Bereich der integrierten Analyse und Modellierung von Gewässerökosystemen.

Die Gebietsabgrenzung erfolgt derzeit mittels sogenannter Einflussbereiche. Die entsprechenden Tabellenwerte wurden für Wasserqualitätsdaten auf wenig belastbarer Basis abgeleitet. Eine Verifikation und Kombination mit hydraulischen Kriterien ist anzustreben.

Für Abflüsse aus ruralen Flächen werden konstante Konzentrationswerte angenommen. Bei einer dynamischen Abflussbildung ist dieser Ansatz insbesondere in stark landwirtschaftlich geprägten Gebieten kritisch zu hinterfragen. Es bedarf vereinfachter Verfahren zur dynamischen Modellierung relevanter Stoffgruppen.

Die Einleitungen der Siedlungsentwässerung werden derzeit über ein Schmutzfracht-simulationsmodell ermittelt. Dessen Ansätze wurden entwickelt, um wesentlichen Zusammenhänge auf die Jahres-schmutzfracht in ihrer Tendenz zu beschreiben. Eine Verifikation, ob diese Zusammenhänge auch für Konzentrationsganglinien und bei der Verwendung von Langzeitreihen belastbare Ergebnisse liefern, steht aus.

Für die Einleitungen wird ein O₂-Defizit von 40% angenommen. Messwerte legen nahe, dass dieser Wert häufig unterschritten wird.

Die Wasserqualitätssimulation umfasst im Bereich der Wiederbelüftung derzeit den Grenzschichtaustausch zwischen Wasser und Luft. Insbesondere bei kleineren Gewässern können aber auch Abstürze und Wehre einen deutlichen Einfluss auf die Sauerstoffkonzentration im Gewässer haben. Zudem werden in den bisherigen Ansätzen die Einflüsse rückgestauter Bereiche auf die Umsetzungsprozesse und damit die Wasserqualität nicht ausreichend berücksichtigt.

Es existiert eine Vielzahl an (statistischen) Verfahren zur Auswertung stofflicher Langzeitganglinien. Diese werden zum Teil unterschiedlich angewendet. Die Definition von Ereignissen sowie deren statistische Unabhängigkeit ist eine nicht triviale Aufgabe. Eine direkte Rückkopplung zwischen den analysierten chemisch-physikalischen Parametern und deren Beeinträchtigung von aquatischen Lebensgemeinschaften fehlt häufig.

Eine Leitfadensbetrachtung umfasst meist mehrere Verwaltungsgrenzen und Zuständigkeitsbereiche. Die geforderte Ermittlung des Wiederbesiedlungspotentials integriert auch die biologische Gewässergüte sowie die Gewässermorphologie in die Betrachtung. Für einen kosteneffektiven Mitteleinsatz sind Maßnahmen erforderlich, die Grenzen fachlicher Zuständigkeiten sowie räumlicher Einheiten überwinden. Hierbei sind Fragen der Kostenaufteilung zu lösen:
Stichwort Ökosystemdienstleistung

Vergleich unterschiedlicher Methoden zur Identifizierung erosionsgefährdeter Flächen in einem kleinen subalpinen Einzugsgebiet

Maria Kaiser, Florian Winter, Wolfgang Rieger

Neben regionalen Parametern wie Bodenart, -bedeckung oder Topographie spielt vor allem der Intensitätsverlauf von Niederschlagsereignissen und die damit einhergehende Bildung und Konzentration von Oberflächenabflüssen eine entscheidende Rolle für das Auftreten von Erosion und Muren. Aufgrund der flachgründigen Böden und der hohen Reliefenergie sind besonders (sub-)alpine Einzugsgebiete gefährdet. Das Erosionsrisiko wird durch das hohe lokale Niederschlagsaufkommen sowie durch Schmelzwasserabflüsse zusätzlich verschärft. Weiterhin kann in diesen Regionen der Bodenabtrag durch anthropogenen Einfluss in Form von landwirtschaftlicher Nutzung oder Beweidung und damit durch veränderte Bodendichten und Oberflächenrauheiten erhöht werden. Die Bewertung von Einzugsgebietsflächen hinsichtlich ihrer Tendenz zur Oberflächenabflussbildung stellt dabei die Grundlage für die Beurteilung von erosionsgefährdeten Flächen dar.

Hierbei kann die Identifizierung oberflächenabflussrelevanter Flächen mittels statischer oder dynamischer Ansätze erfolgen. Auf Grundlage von Entscheidungsbäumen (statisch) lassen sich in einem Geoinformationssystem (GIS) Abflussprozesskarten erstellen. Der dominante Abflussprozess wird dabei ausschließlich anhand von Gebietsparametern wie der Topographie oder der Verteilung von Boden, Vegetation und Landnutzung bestimmt. Zur dynamischen und gleichzeitig ereignisbezogenen Identifizierung der oberflächenabflussgefährdeten Flächen wurde das physikalisch basierte Wasserhaushaltsmodell WaSiM (Version 9.06.) um ein Surface-Routing-Modul zur Berechnung der Abflusskonzentration des Oberflächenabflusses nach dem Ansatz der kinematischen Welle erweitert, welches die räumlich verteilte Modellierung der Fließrichtung und Geschwindigkeit des Oberflächenabflusses in einem Einzugsgebiet ermöglicht. Im subalpinen Testgebiet des Sachenbachs (2,19 km²) wurden sowohl der GIS-gestützte statische Ansatz als auch der modellgestützte dynamische Ansatz zur Beurteilung von Erosionsflächen angewendet. Es konnten erosionsgefährdete Gebiete identifiziert werden, die anschließend anhand von Luft- und Thermalbildern, sowie den Ergebnissen einer Feldbegehung verifiziert wurden.

Durch den Vergleich beider Methoden konnte gezeigt werden, dass der Modellierungsansatz gegenüber dem GIS-gestützten Ansatz vielversprechende Perspektiven für die Bilanzierung von Stoffströmen eröffnet. Der dynamische Ansatz kann helfen, ereignis- und räumlich differenzierte Aussagen über den Bodenabtrag eines Gebiets zu treffen.

Ganzheitliche Perspektive auf natürliche Wasserflüsse, Stoffhaushalt und Wassernutzungen in Deutschland

Jesko Hirschfeld

Eine ganzheitliche Perspektive auf die Wasserflüsse in Deutschland muss neben den natürlichen Wasserflüssen, wie Niederschlägen, Verdunstung, Zu- und Abflüssen sowie ihren Änderungen durch den Klimawandel auch die menschlichen Wassernutzungen in Form von Prozess- und Kühlwasser sowie durch Haushalte, einbeziehen.

Das Projekt liefert eine neue, integrierte Perspektive auf die Wasserflüsse in Deutschland und stellt damit Konsumenten, privaten und öffentlichen Entscheidungsträgern eine innovative Wissensbasis zur Verfügung, um Alltagshandeln, Planen und Entscheidungsfindung zu überprüfen: So ist auf der quantitativen Ebene Wassersparen als Zielsetzung zwar heute in allen Köpfen, die bedeutendsten und aus Nachhaltigkeitsperspektive kritischen Wasserverbräuche sind den Konsument/innen und auch vielen Entscheidungsträger/innen in Wirtschaft und Politik jedoch in wichtigen Aspekten nicht ausreichend bekannt oder werden nicht im Zusammenhang betrachtet. Dies gilt auch mit Blick auf die qualitative Ebene, wo Knappheiten, die beispielsweise durch Grundwasserverschmutzung entstehen, nicht systematisch berücksichtigt werden. Regional, national und international bestehen zahlreiche noch nicht gelöste Wasserkonflikte, die sich in Zukunft verschärfen können.

Räumliche und analytische Bezugsebene des Projektes ist Deutschland – zusätzlich jedoch werden auch die direkten und indirekten Wasserimporte und –exporte einbezogen. Andererseits sollen die Wasserflüsse aus der Perspektive wassernutzender Unternehmen und privater Haushalte betrachtet werden. Damit werden verschiedene Handlungsebenen wasserrelevanter Entscheidungen angesprochen: Von der nationalen und internationalen Wasserpolitik, über regionale und unternehmerische Wassermanagemententscheidungen bis hin zur privaten Konsumententscheidung – auf allen Ebenen werden Wasserflüsse beeinflusst und so muss auch auf allen Ebenen angesetzt werden, wenn dauerhaft eine nachhaltige Wassernutzung sichergestellt werden soll. Um die Daten regional differenziert vergleichbar zu machen, wurde die Kreisebene herangezogen. Die Wasserflüsse wurden dafür auf diese Bezugsebene umgerechnet.

Ein weiterer zentraler Fokus des Projektes liegt auf der Kommunikation der Ergebnisse, also auf der anschaulichen Darstellung der Analyseergebnisse. Dies geschah in Form eines von professionellen GrafikerInnen gestalteten Faltposters, einer Touchtable-Präsentation, die für das Internet und in Form von Ausbildungsmaterialien und Filmen medial aufbereitet wurde, sodass nun ein vielfältiger Medienpool für unterschiedlichste Nutzergruppen zur Verfügung steht.

Berechnung von räumlich verteilten täglichen Temperaturen aus rekonstruierten MODIS Satellitendaten

Michaela Kahl

Die Lufttemperatur ist eine wesentliche meteorologische Kenngröße zur Beschreibung verschiedener hydrologischer Prozesse. So ist diese u.a. ein Hauptparameter zur Berechnung der Schneeschmelz oder der Evapotranspiration. Die Regionalisierung der Lufttemperatur erfolgt zumeist durch Interpolation bzw. Extrapolation von einer oder mehreren Wetterstationen. Vor allem in Gebirgsregionen ist eine verlässliche Aussage über die Temperaturverteilung aufgrund der hohen morphologischen Variabilität und der i.d.R. begrenzten Anzahl von Wetterstationen in größerer Höhe allerdings sehr schwierig. Die Nutzung von Fernerkundungsdaten verspricht hier das Potenzial, die räumliche Verteilung der Lufttemperatur besser nachbilden zu können.

Der Satellit ‚Terra‘ liefert mit seinem Instrument Moderate-resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) seit März 2000 nahezu weltweit täglich zwei Aufnahmen u.a. auch zur Landoberflächentemperatur (LST). Die polare und sonnensynchrone Erdumlaufbahn des Satelliten sorgt dafür, dass beide Aufnahmen jeden Tag annähernd zu den gleichen Zeitpunkten und um 12 Stunden versetzt erfolgen. Diese Daten werden nach der Aufbereitung u.a. als tägliche LST mit einer Auflösung von ca. 1x1 km (MOD11A1) innerhalb weniger Tage kostenlos zur Verfügung gestellt. Ein zweiter Satellit ‚Aqua‘ liefert seit Juli 2002, jeweils etwas zeitversetzt zu ‚Terra‘, täglich zwei weitere Datensätze (MYD11A1). Allerdings können die einzelnen Satellitenbilder erhebliche räumliche Datenlücken aufweisen, die zum größten Teil auf Bewölkung zum Aufnahmezeitpunkt zurückzuführen sind.

Da für die Nutzung in aufgelösten hydrologischen Modellen eine flächendeckende Kenntnis der täglichen LST von grundlegender Bedeutung ist, müssen fehlende räumliche Temperaturdaten rekonstruiert werden. In einem ersten Schritt erfolgt anhand mehrerer Kriterien die Filterung nicht plausibler Temperaturpixel. In Abhängigkeit der nach der Filterung zur Verfügung stehenden Anzahl an Pixeln erfolgt die Rekonstruktion der LST unter zur Hilfenahme eines digitalen Geländemodells. Abschließend werden die LST mittels einer Referenzstation an die üblicherweise in 2 m Höhe gemessene Lufttemperatur angepasst. Das vorgestellte Rekonstruktionsverfahren wurde in den Schweizer Alpen für eine Fläche von 51.000 km² über einen Zeitraum von rund 15 Jahren getestet. Der Vergleich der Rekonstruktionsergebnisse mit dem Tagesmittel der Lufttemperatur an 61 Wetterstationen ergab einen durchschnittlichen Nash-Sutcliffe-Index von 0,902. Die zugrunde gelegten Stationen liegen in einem Höhenbereich von 316 bis 3.576 mNN, das R² für die einzelnen Stationen variiert zwischen 0,761 und 0,960.

Das entwickelte Verfahren zur Rekonstruktion der Landoberflächentemperaturen und die hieraus gewonnenen Informationen zur Lufttemperatur bietet nicht nur die Möglichkeit fehlende Daten zu rekonstruieren, sondern ermöglichen auch ein beliebiges Downscaling der Daten in Abhängigkeit von der Auflösung des gewählten digitalen Geländemodells.

Untersuchungen zum Wasser- und Stoffhaushalt potentieller Hangmoorstände im Nationalpark Hunsrück-Hochwald

Julian Zemke, Dieter König, Michael Tempel, Jörn Schultheiß

Der im Frühjahr 2015 eingeweihte Nationalpark Hunsrück-Hochwald zeichnet sich durch eine natürliche Tendenz zur Bildung von Hangmooren aus. Durch anthropogene Überprägung, unter anderem forstwirtschaftliche Nutzung und damit einhergehende gezielte Entwässerung staunasser Standorte, ist der Wasserhaushalt jedoch stark gestört. Potentielle Hangmoorstände sind heute weitestgehend durch Fichtenforsten geprägt und weisen nur noch bedingt Moorcharakter auf. Daraus folgen starke Beeinträchtigungen des dezentralen Wasserrückhalts sowie eine deutliche Flächenabnahme ökologisch wertvoller und sensibler Standorte. Das Spannungsfeld zwischen der wirtschaftlichen Nutzung und dem Erhalt und der Wiederherstellung des natürlichen Zustandes des Gebiets zeigt exemplarisch die Notwendigkeit eines integrativen Forschungsansatzes unter Einbeziehung der anthropogenen und ökologischen Anforderungen.

So werden prozessuale Zusammenhänge des Wasser- und Stoffhaushalts vor dem Hintergrund der anthropogenen Eingriffe überprüft. Zur Abschätzung der Abflusssituation im Gebiet erfolgen räumlich hoch aufgelöste Abflussmessungen an einer Vielzahl von Messstellen. Diese zeigen eine unerwartet schnelle Abflussreaktion des Gebietes auf Niederschlagsereignisse, was auf einen stark verminderten Wasserrückhalt hindeutet. Daher ist anzunehmen, dass auch die natürlichen abflussgenetischen Prozesse durch die anthropogenen Eingriffe in erheblichem Maß verändert sind.

Als Hauptgründe für diese Modifikationen werden neben den Entwässerungsmaßnahmen auch das dichte forstwirtschaftliche Wegenetz und die Bestandserschließung angenommen.

Weitergehende Untersuchungen umfassen eine grundlegende pedologische Ansprache des Gebietes, die Kartierung und Aufnahme von Entwässerungsgräben, sowie eine Landnutzungskartierung mit Fokus auf den Grad der anthropogenen Überprägung. Weiterhin wird das Rückegassensystem kartiert und mittels Beregnungsversuchen dessen Wirkung auf Abflussgenese und gekoppelten Stofftransport untersucht.

Dieser methodisch ganzheitliche Ansatz hat zum Ziel, die prozessualen Zusammenhänge in einem kleinräumigen hydrologischen System zu ermitteln, da der Erhalt und die Wiederherstellung der Hangmoore durch Wiedervernässung eine Verbesserung des ökologischen Zustandes bewirkt. Sie stellen als sensibles Biotop und potentieller Wasserspeicher ein wichtiges, lokaltypisches Element des Nationalparks dar, dessen Wiederaufwertung integraler Bestandteil des Nationalparkkonzeptes ist. Die laufenden Untersuchungen sollen dabei einen wichtigen Baustein bei der Planung, Durchführung und Evaluierung der angedachten Maßnahmen darstellen.

Starkregengefährdung in Baden-Württemberg – von der Methodenentwicklung zur Starkregenkartierung

Michael Stölzle, Andreas Steinbrich, Markus Weiler

Starkregen als kleinskaliges meteorologisches Extremereignis liefert in kurzer Zeit große Niederschlagsmengen mit hohem Schadenspotenzial für Personen, Gebäude und Infrastrukturen. Bedingt durch den zunehmenden Klimawandel und höhere Lufttemperaturen ist davon auszugehen, dass diese Extremereignisse zukünftig häufiger und mit höheren Niederschlagsintensitäten auftreten können. Die unmittelbaren Auswirkungen von Starkregen sind vielschichtig und reichen von Hochwasser im Vorfluter, flächenhaften Überflutungen bis hin zu Sturzfluten und Erdrutschungen mit enormer Erosionskraft. Bei steigendem Siedlungsdruck sind Starkregenereignisse beispielweise auch eine Herausforderung für die Siedlungsentwässerung. Da kleinräumige hohe Niederschlagsintensitäten zeitlich und räumlich sehr variable auftreten können, ist von einer mangelnden Warnlage für solche Ereignisse auszugehen. Für Baden-Württemberg gibt es derzeit keine landesweiten Vorgaben zur Bestimmung von kleinräumigen Starkregenereignissen in kleinen Einzugsgebieten, insbesondere bei Dauern unter einer Stunde. Hochwassergefahrenkarten geben das Gefahrenpotential nur entlang von Gewässern für Einzugsgebiete größer als 10 km² wieder und können die vom Gewässer unabhängigen Gefahren durch Starkregen nicht adäquat abbilden. Da Niederschlagsdaten zudem häufig unabhängig voneinander und stationsbasiert evaluiert werden, zeigen flächenhafte Abschätzungen hoher Niederschlagsintensitäten regional große Unsicherheiten, z.B. in Regionen mit geringer Stationsdichte.

Diese Studie führt mehr als 500 Niederschlagsdatenreihen aus verschiedenen Datenquellen zu Ereigniszeitreihen zusammen, um für Baden-Württemberg partielle Niederschlagsserien zu generieren. Dabei wird ein Konzept zur höhengewichteten Entfernung genutzt, um für Niederschlagsereignisse einer Station Ereignisdaten von umliegenden Stationen innerhalb einer homogenen Einflussregion systematisch zu übertragen. Durch die dadurch resultierende größere Anzahl der berücksichtigten Niederschlagsereignisse und die Bestimmung regionaler Einflüsse und räumlicher Abhängigkeiten können Extremwertverteilungen verlässlicher angepasst werden, um auch Niederschlagsextrema mit sehr hohen Wiederkehrzeiten (bis zu 1000 Jahren) abzuschätzen. Die Studie hat zum Ziel Starkregenkartierungen für Baden-Württemberg zu erzeugen und die Ergebnisse mit bisherigen Produkten (DWD-KOSTRA) zu vergleichen. Diese Kartierungen haben hohe Relevanz für die Praxis und können als Bemessungsgrundlage zur Risikoabschätzung von Sturzfluten angewandt werden, und sie sind notwendig, um eine Priorisierung und Lokalisierung von stark gefährdeten Regionen in Baden-Württemberg durchzuführen. Innerhalb der hydrologischen Modellierung sind die ermittelten Intensitäten von Starkregenereignissen Grundlage zur flächenhaften Abschätzung von Oberflächenabfluss und Abflussbeiwerten (z.B. mit dem prozess-basierten Abflussmodell RoGeR) zur Risikobeurteilung von Sturzfluten abseits von Gewässern.

Bewusstseinsbildung für die Gefahren durch unterirdisches Hochwasser

Christiane Pyka

Hochwasser ist ein natürliches Phänomen, welches besonders in dicht besiedelten Gebieten Deutschlands extreme Katastrophen auslösen kann. Da infolge des Klimawandels extreme Niederschlagsereignisse bis zum Ende des Jahrhunderts wahrscheinlich noch heftiger ausfallen und häufiger vorkommen werden (IPCC, 2013), ist in der Zukunft mit einer Verschärfung der Überflutungssituationen zu rechnen.

Die 2007 verabschiedete EU-HWRM-RL lenkte in Verbindung mit der EU-WRRL einen Umdenkprozess ein, der zu einem stärkeren Risikomanagement der Prozesse führen soll. Für diese Umsetzung werden Kompetenzen und Ressourcen benötigt. Zwei wichtige Ansätze zur Erwartungserfüllung der EU sind die Wissensvertiefung und Kompetenzerweiterung im Bereich Hochwasserrisikomanagement für das Fachpersonal, sowie der Kapazitätsaufbau der sich noch im Studium befindenden Generation von Ingenieuren.

Oftmals wird bisher jedoch nur über das Risiko des oberflächlichen Flusshochwassers aufgeklärt. Hochwasser, welches sich im Untergrund abspielt und einen Anstieg des Grundwassers zur Folge hat, wird als unterirdisches Hochwasser, Grund-Hochwasser oder unsichtbares Hochwasser bezeichnet. Natürlich tritt unterirdisches Hochwasser infolge eines Flusshochwassers oder aufgrund verstärkter Infiltration auf. Aber auch in bergbaugeprägten Gebieten kann Grundwasser durch die Aufgabe von Sumpfanlagen in Wechselwirkung mit natürlichen Faktoren ansteigen. Besonders brisant ist der Anstieg in diesen Gebieten, da sich um die Abbauräume meist bevölkerungsreiche Städteagglomerationen gebildet haben, deren Bebauung erheblich gefährdet wird.

Viele Untersuchungen zu den Auswirkungen eines Hochwassers erachten den unterirdischen Raum nach wie vor nicht als bedeutungsvoll, wie Walther und Marre (2004) sowie Sommer und Ullrich (2005) darlegen. Grundwassermodelle werden im operativen Einsatz nicht und selbst bei Planungsaufgaben des Hochwasserschutzes nur selten verwendet (Becker, 2010). Da bisher in der Wissenschaft und Praxis nur wenig Augenmerk auf die Problematik des unterirdischen Hochwassers gelegt wird, fehlt auch das Bewusstsein in der Bevölkerung. Innerhalb des vorgestellten Projektes werden daher mediengestützte Lern- und Lehrmaterialien zur Bewusstseinsbildung für die Gefahren durch unterirdisches Hochwasser entwickelt. Mittels einer Modellanimation wird die generelle Problematik und die Entstehung von unterirdischem Hochwasser visualisiert und verdeutlicht. Ergänzt werden die visuellen Features durch weitere Lernmaterialien, welche teilweise auf neu erstellten Gefahren- und Risikokarten des unterirdischen Hochwassers basieren und durch verschiedene Institutionen für die Aus- und Weiterbildung genutzt werden können. Dabei wird den aktuellen Grundsätzen der Didaktik gefolgt und die Materialien werden für den offenen und kostenfreien Einsatz als Open Educational Resources (OER) aufbereitet. Zielgruppen sind dabei die (Fach-) Öffentlichkeit, sowie Studierende von Ingenieur- und Umweltwissenschaften.

Der Mensch im Wasserhaushalt in Mitteleuropa: Daten, Skalen, Proxys

Malte Knoche, Anna-Dorothea Ebner von Eschenbach, Jochen Hohenrainer, Christina Maus, Enno Nilson

Der Wasserhaushalt vieler Flusseinzugsgebiete Mitteleuropas ist stark anthropogen überprägt, zum Beispiel durch Maßnahmen des Speicherbaus, durch Entnahmen und Rückleitungen, aber auch durch Landnutzungsänderungen. Diese Maßnahmen können sowohl direkt als auch indirekt auf das Abflussverhalten des Einzugsgebietes wirken. Als „direkt“ werden in diesem Zusammenhang punktuell im Gewässer stattfindende Eingriffe (z.B. mit technischen Bauwerken) bezeichnet. „Indirekt“ wirksam sind dagegen Maßnahmen, die oftmals flächig und räumlich differenziert wirken, und deren Einfluss aufgrund komplexer Detailprozesse nicht direkt bestimmbar ist (z.B. Landnutzungsänderung oder Grundwasserabsenkung). Diese Maßnahmen stellen eine Herausforderung für die Analyse und Modellierung des Wasserhaushalts dar, die mit dem Zugang zu relevanten Daten und Informationen beginnt.

Die Dokumentation der tatsächlichen Entnahme-, Speicher und Rückleitungsmengen dieser Maßnahmen in den Flussgebieten erfolgt in einigen Ländern Mitteleuropas weder räumlich flächendeckend noch über längere Zeiträume kontinuierlich an zentraler Stelle. Die Datenbeschaffung, -prüfung und -aufbereitung ist in Ländern mit einer Vielzahl von dezentralen Datensammelstellen (wie zum Beispiel in Deutschland) ein sehr zeitintensiver Prozess. Darüber hinaus ist die verfügbare Datenbasis aus unterschiedlichen Gründen oftmals nicht ausreichend, um beobachtete Zusammenhänge verstehen und modellierte Prozesse auf relevanten Raum- und Zeitskalen interpretieren zu können.

Vor diesem Hintergrund prüft die Bundesanstalt für Gewässerkunde derzeit bestehende und innovative Ansätze für die Ergänzung und Verdichtung von Informationen anthropogener Einflussnahmen auf den Wasserhaushalt in den deutschen Stromgebieten inklusive ihrer oberstromigen Zuflussgebiete. Aufbauend auf einer systematischen Datenakquise und -aufbereitung gehört hierzu die näherungsweise Ableitung von Wasserbedarfs- bzw. Wasserverbrauchsmengen aus flächendeckend und über lange Zeiträume vorliegenden und leicht zugänglichen Daten (sogenannten "Proxys").

Diese Untersuchungen erfolgen im Rahmen eines seit Mitte 2015 laufenden und auf drei Jahre angelegten Forschungs- und Entwicklungsprojektes in der Bundesanstalt für Gewässerkunde. Im Rahmen dieses Beitrages werden die Ansätze und Zwischenergebnisse des Projektes vorgestellt und diskutiert.

Flüsse ohne Grenzen - Ein geodätischer Beitrag zur Vergleichbarkeit von Wasserständen

Astrid Sudau

Korrekte Wasserstände sind die Grundlage u.a. für wasserbauliche und wasserwirtschaftliche Planungen, hydrologische Untersuchungen sowie ein Indikator für Klimaänderungen. Aus den Wasserstandbeobachtungen langer Zeitreihen lassen sich die entsprechenden hydrologischen Kennwerte ableiten. Multifunktionale Anforderungen machen oftmals eine zeitliche und / oder örtliche Vergleichbarkeit der Wasserstände erforderlich. Das bedeutet, dass die Höhenlage des Pegels während des gesamten Beobachtungszeitraumes konstant bzw. bekannt sein muss. Diesem Sachverhalt trägt die Pegelvorschrift Rechnung, indem regelmäßige Prüfungen der Höhenlage des Pegels sowie Anschlussmessungen an die (übergeordneten) amtlichen Höhenreferenzsysteme durchzuführen sind.

Bei exponierten Pegeln (z.B. im Küstenvorfeld und in den Ästuaren) hat die BfG die örtlichen Wasser- und Schifffahrtsämter bereits in früherer Zeit unterstützt. In der Vergangenheit wurden für die Anschlüsse an die amtlichen Höhenreferenzsysteme hydrostatische oder geometrische Nivellements durchgeführt. Seit einigen Jahren ist es technisch möglich, Höhen und insbesondere Höhenänderungen einzelner Pegel mithilfe der Globalen Satellitennavigationssysteme (GNSS) und entsprechenden permanent arbeitenden GNSS-Sensoren zu erfassen. Die BfG hat seit 2008 damit begonnen, wichtige Pegelanlagen im Bereich der Deutschen Bucht mit permanent arbeitenden GNSS-Sensoren auszustatten. Die erfassten Beobachtungsdaten werden zusammen mit den Beobachtungsdaten vergleichbarer, mit GNSS ausgestatteten Pegelstationen im Bereich der Nord- und Ostsee in einer Kooperation mit dem Bundesamt für Kartographie und Geodäsie ausgewertet. Originäres Ergebnis der Auswertung sind Höhen (Zeitreihen) und Höhenänderungen der Pegel in einem homogenen globalen Referenzsystem. Diese können, je nach Anforderung, in verschiedene nationale und europäische Referenzsysteme überführt werden.

Im Binnenbereich erfolgen die Anschlussmessungen der Pegel häufig im Rahmen der von der BfG entlang der Bundeswasserstraßen durchgeführten Hauptnivellements (Präzisionsnivellements). Für die Ableitung von Wasserstandzeitreihen müssen die zeitlich verschiedenen Realisierungen des amtlichen Höhenreferenzsystems zwingend berücksichtigt werden.

Um dem Bedarf nach einem besseren hydrologischen Prozessverständnis gerecht zu werden, müssen die Gewässersysteme in grenzüberschreitenden Einzugsgebieten (Bundeswasserstraßen und Küstenbereiche) in einem einheitlichen und homogenen Höhenreferenzsystem georeferenziert sein. Dies kann durch die integrierte Auswertung der Nivellements und der GNSS-Höhenbestimmungen realisiert werden. Darüber hinaus ist es möglich, die Bundeswasserstraßen großräumig höhenmäßig mit einander zu verbinden.

Im europäischen Kontext sind die verschiedenen nationalen Definitionen und Realisierungen der Höhenreferenzsysteme zu beachten. Hier bieten die geodätischen Organisationen Überführungsmodelle in ein einheitliches europäisches Höhenreferenzsystem an.

Räumliche Erfassung hydrologischer Extremereignisse mittels Fernerkundungstechniken – Status quo und Perspektiven

Martin Sauerbier, Herbert Brockmann

Die Verfügbarkeit von räumlichen Informationen von hydrologischen Extremereignissen ist eine wesentliche Voraussetzung zur zeitgemäßen Bearbeitung einer Vielzahl von z.B. gewässerkundlichen, wasserbaulichen und/oder wasserwirtschaftlichen Fragestellungen. Dazu sind die entsprechenden Messdaten von Hoch- beziehungsweise Niedrigwasserereignissen plausibilisiert, anforderungsorientiert und wirtschaftlich aufzubereiten und zu dokumentieren. Gefordert sind insbesondere 2D/3D-Überschwemmungsgrenzen, 2D/3D-Wasser-spiegellagen und/oder georeferenzierte Bilder (Orthophotos) vom Ereignis selbst und von Fall zu Fall von Schadenssituationen.

In diesen Kontext drängen vermehrt Lösungen der Fernerkundung als Alternative zu herkömmlichen terrestrischen Verfahren in den Focus, als Konkurrenz und auch als Ergänzung. Vor diesem Hintergrund sollen vergleichend, bezogen auf

- Aktualität,
- Auflösung,
- Genauigkeit und
- Abhängigkeit von Wetterbedingungen

der aktuelle Stand der Technik und potenzielle zukünftige Möglichkeiten diskutiert werden. Einbezogen werden einerseits UAS-, flugzeug- und satellitengestützt erfasste photogrammetrisch auswertbare Bild- und/oder interferometrisch auswertbare Radardaten. Dem stehen andererseits die land- und schiffsgestützt erfassten Daten, im Nachgang zum oder während des Ereignisses heute i.d.R. aufgenommen mittels Satellitenpositionsbestimmung, gegenüber. Die Aussagen werden soweit wie möglich durch praktische Anwendungen hinterlegt.

Darüber hinaus werden unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten zielführende Maßnahmen

- der Standardisierung,
- der vorbereitenden Aufstellung von abgestimmten Messprogrammen und
- der weiteren organisatorischen Optimierung, zur Minimierung des bekannten Mankos der kurzen Reaktionszeiten im Ereignisfall darlegt

Hydrologische Modellierung auf der Mesoskala mit Nutzung von Grundwassermessungen und satellitenbasierten Bodenfeuchtedaten sowie einer effizienten Parameterschätzung

Phillip Kreye, Günter Meon

In der großskaligen hydrologischen Modellierung stehen aufwendige Konzepte zur physikalisch korrekten Abbildung der dominanten Prozesse in der Hydrosphäre zunehmend im Vordergrund. In vielen Fragestellungen sind, neben der zeitlichen Nachbildung des Gebietsabflusses, weitere Systemvariablen gefragt. Modelle dieser Art sind entweder sehr vereinfachend oder benötigen eine hohe Anzahl von Modellparametern. In diesem Kontext entsteht ein erhöhter Bedarf an Beobachtungen, die zur Modellkalibrierung verwendet werden können. Eine sinnvolle Einbindung von Fernerkundungs- oder Grundwasserdaten in Kalibrierungsprozeduren und die Identifizierbarkeit von physikalisch plausiblen Parametersets sind in der Hydrologie Gegenstand der Forschung.

In dem neu entwickelten Bodenmodell DYVESOM (DYnamic VEgetation SOil Model) werden physikalische Zusammenhänge mit einer innovativen Struktur und Parametrisierung verbunden. Moderne Schnittstellen zur Kalibrierung werden nutzbar gemacht und mit einer neuartigen Optimierungsstrategie verknüpft.

DYVESOM ist für die Meso- und Makroskala ausgelegt und integriert sich in das hydrologische Modellsystem PANTA RHEI. Es stellt die notwendigen Schnittstellen zur Kalibrierung am Abfluss, an der satellitenbasierten Bodenfeuchte und am Grundwasserstand bereit. Eine räumlich und zeitlich differenzierte Rückkopplung der Vegetationsentwicklung auf den Bodenwasserhaushalt erhöht die Szenarienfähigkeit. Des Weiteren abstrahiert das Modell die räumlich nicht aufgelöste Heterogenität der Bodeneigenschaften (Subgrid-Variabilität) mit innovativen Methoden ohne Einsatz von Feldmessungen.

Durch die multi-variable Betrachtung des Systems entsteht ein Bedarf an automatischen Optimierungsverfahren. Das neu entwickelte lexikografische Vorgehen zur Modellkalibrierung baut auf den „Downhill-Simplex“ Optimierungsalgorithmus auf und ermöglicht das Einbeziehen von Expertenwissen durch eine vorzugebende Präferenzordnung.

In norddeutschen Einzugsgebieten lassen sich mit PANTA RHEI – DYVESOM (mit dem lexikografischen Optimierungsverfahren) simulierte Gebietsabflüsse sehr gut an die Beobachtungen anpassen (Modelleffizienzen 0,85-0,96). Gleichzeitig werden auch Grundwasserstände mit hoher Güte abgebildet (Bestimmtheitsmaße 0,8-0,97). Die Güten zwischen simulierten Bodenwassergehalten zu den satellitenbasierten Daten sind saisonal differenziert (Korrelationen 0,79-0,95). Vergleichsweise wurde eine Optimierung mit dem globalen Optimierungsverfahren „SCE-UA“ durchgeführt. In der Kalibrierungsperiode gelingt mit SCE-UA eine höhere Anpassung der Modellresultate in Bezug auf die Zielfunktion. Werden jedoch die Modellparametersets für eine Validierung auf andere Zeiträume angewendet, ergeben sich höhere Gütewerte für das lexikografische Verfahren. Dies deutet darauf hin, dass die lexikografischen Modellparameter das Systemverhalten repräsentativer beschreiben. Darüber hinaus macht die ökonomische Rechenzeit die Methode für weite Felder der hydrologischen Praxis nutzbar.

Abschätzung der Auswirkungen des Klimawandels auf die Niedrigwasserabflüsse im Einzugsgebiet von Mangfall und Attel

Benjamin Kopp, Jörg Neumann, Beate Klöcking

Das 1380 km² große Untersuchungsgebiet umfasst die Einzugsgebiete der Mangfall, der Attel sowie der Großen Gaißach und liegt südöstlich von München. Für dieses Gebiet wurde ein Wasserhaushaltsmodell auf der Basis von ArcEGMO aufgebaut. Ziel war die Simulation der Entwicklung des Gebietswasserhaushalts sowie der Niedrigwasserabflüsse unter dem Einfluss des Klimawandels.

Das stark anthropogen geprägte Modellgebiet (Wasserkraft- und Trinkwassernutzung) erstreckt sich von den Kalkalpen im Süden mit Geländehöhen bis zu 1900 m ü. NN bis ins südliche Alpenvorland (Jungmoräne, 430-600 m ü. NN). Entsprechend heterogen sind die klimatischen Bedingungen und deren zu erwartenden Veränderungen.

Als Klimaprojektionen wurden WETTREG-2006 und -2010 auf der Grundlage des Globalszenarios A1B/ECHAM5 genutzt. Untersucht wurden die drei Referenzzeiträume Ist-Zustand (Ist: 1971-2000), nahe Zukunft (nZ: 2021-2050) und ferne Zukunft (fZ: 2071-2100). Für alle wurde die heutige Land- und Wassernutzung zugrunde gelegt.

Beide WETTREG-Projektionen bilden sowohl die klimatische Situation als auch den Wasserhaushalt in der Ist-Periode plausibel ab. Die Veränderungen in der Zukunft fallen bei WETTREG-2010 deutlich größer als bei der Vorgängerversion WETTREG-2006 aus. Im Gebietsmittel sinken die Jahresniederschläge um -15 % (WETTREG-2006: -7 %) bei einem Temperaturanstieg von +3,6 K (WETTREG-2006: +2,3 K). Trotz einer deutlicheren Abnahme der Sommerniederschläge bleibt der innerjährliche Gang bei beiden Projektionen erhalten. Bei gleichzeitig hohen Sommertemperaturen kommt es als Folge insbesondere in den südlichen Gebietsteilen zu einer starken Verringerung der klimatischen Wasserbilanz im Sommer. Dies führt zukünftig zu einer Reduzierung der Grundwasserneubildung und der Gebietsabflüsse im Untersuchungsgebiet und somit ganzjährig zu einer deutlichen Verringerung der Niedrigwasserabflüsse bei gleichzeitiger Abflachung der MoMNQ-Ganglinien. Die derzeit im alpinen Raum zu beobachtenden lokalen Maxima im April verschwinden unter WETTREG-2010 fast völlig bei gleichzeitiger Zunahme der MoMNQ im Winter (Auswirkung der geringeren Schneemengen). Im Gegensatz zu den Ergebnissen für WETTREG-2006 sind schon die Unterschiede zwischen den Referenzperioden „Ist“ und „nZ“ für WETTREG-2010 deutlich. Die Absenkung in der fernen Zukunft ist gravierend.

Entsprechend der Heterogenität des Modellgebiets gestaltet sich die hydrologische Situation in den Teileinzugsgebieten sehr unterschiedlich. Die Reaktionen der betrachteten Einzugsgebiete auf den Klimawandel sind jedoch innerhalb eines Naturraumes vergleichbar. Die Niedrigwasserspenden in den Moränenbereichen sinken wesentlich stärker als im Alpenraum. Insgesamt sind die Veränderungen unter WETTREG-2010 für beide Zukunftsperioden mehr als doppelt so groß wie unter der Projektion WETTREG-2006.

Die Ergebnisse der Untersuchung werden in der Wasserversorgungsbilanz Oberbayern durch einen Vorsorgefaktor für die lokalen Wasserversorger berücksichtigt.

Stärkung der Vorsorge vor Starkregen-bedingten Überschwemmungen – Erfahrungen aus der Praxis am Beispiel der Stadt Lübeck

Thomas Einfalt, Inga Frerk, Matthias Grottker, Sebastian Schlauß, Barbara Schäfers

RainAhead ist ein vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit gefördertes kommunales und regionales Leuchtturmprojekt für die Anpassung an den Klimawandel. Es dient dazu, Verwaltung, Infrastrukturträger und Bevölkerung der Stadt Lübeck besser auf Starkregen-bedingte Überschwemmungen vorzubereiten. Zum Ende des dreijährigen Projektes können jetzt Kernpunkte, Erfolge und Schwierigkeiten benannt und Hinweise zur praktischen Umsetzung gegeben werden, die in hohem Maße auf andere Kommunen übertragbar sind.

Für zwei Stadtteile wurden mit MIKE FLOOD (Kopplung von MIKE URBAN und MIKE 21) gekoppelte Simulationen von Oberflächenabflüssen und Kanalnetzabflüssen durchgeführt. Änderungen im Abflussgeschehen durch den Klimawandel wurden mit Hilfe downgescaler Klimaprojektionsdaten dargestellt und die Wirksamkeit verschiedener stadtplanerischer Maßnahmen überprüft und dargestellt. Die Oberflächenabflüsse wurden mit einer für das gesamte Stadtgebiet erstellten vereinfachten GIS-basierten Übersicht über Senken und Fließwege hinsichtlich ihrer Aussagekraft verglichen. Für einen 2000 neu gebauten Stadtteil wurde überprüft, in welchem Umfang geplante Maßnahmen zur wassersensiblen Stadtentwicklung, z.B. zu Notwasserwegen, umgesetzt wurden.

Eine räumlich und zeitlich hochaufgelöste Starkregenvorhersage (1-h Nowcasting) diente als Grundlage für die Bereitstellung von stadtteilgenauen Warnungen mit individuellen Warnschwellen für die Einsatzplanung der Feuerwehr. Darüber hinaus wurde geprüft, ob und wo sich mit den erhobenen Niederschlagsdaten kurzfristige Verschlechterungen der Badegewässerqualität an den Badestellen der Hansestadt Lübeck erklären lassen.

Eine wesentliche Grundlage des Projektes RainAhead war die Verbesserung von Informationsflüssen und Kommunikation zwischen den beteiligten Handlungsträgern untereinander und mit der Bevölkerung. Die wichtigsten Ziele waren das Aggregieren und Aufbereiten verschiedener, bislang getrennt vorliegender kommunaler Daten in einem gemeinsamen GIS, die Ermittlung von Vulnerabilitäten und die Stärkung der Eigenvorsorge der Bevölkerung. Mittel dafür waren u.a. Workshops und Maßnahmenkataloge, eine Schwierigkeit stellte v.a. der Umgang mit Rechtsunsicherheiten dar.

Die unterschiedlichen Teilergebnisse des Projektes sind auch für andere Kommunen interessant und können dort angepasst und verwendet werden.

Keywords: Starkregen, urbane Überflutungen, regionale Klimawandelanpassung, lessons learnt

Modellierung des Nährstoffhaushalts von Elbe und Rhein mit dem Gewässergütemodell QSim

Tanja Bergfeld-Wiedemann, Paulin Hardenbicker, Birte Hein, Volker Kirchesch, Stephanie Ritz, Carsten Viergutz, Helmut Fischer

Die großen Flüsse Rhein und Elbe weisen bei ähnlichen Nährstoffkonzentrationen deutliche Unterschiede in ihrem Nährstoffhaushalt auf. Bei einer Analyse mit Hilfe des Gewässergütemodells QSim der Bundesanstalt für Gewässerkunde werden der advective Transport, die Umsetzungen und die Retention von Stickstoff und Phosphor ermittelt und quantifiziert. Die Betrachtung der Nährstoffflüsse setzt dabei auf einer eindimensionalen Modellierung der Abflüsse mit dem hydraulischen Modell HYDRAX auf. Dessen Ergebnisse werden genutzt, um den Stofftransport und die biologischen Umsetzungen der Nährstoffe in QSim zu simulieren. Für die Analyse der Nährstoffumsätze in Rhein und Elbe ist es wichtig, zwischen den verschiedenen Nährstofffraktionen zu unterscheiden, da nur die gelösten Verbindungen von den Planktonalgen aufgenommen werden können. Messdaten und Simulationsergebnisse entlang von jeweils ca. 500 km frei fließender Strecke von Rhein und Elbe zeigen, wie stark biologische Umsetzungen - insbesondere das Algenwachstum - die Nährstofffraktionierung steuern. In der Elbe werden dabei die gelösten Nährstoffe stark aufgebraucht, während im Rhein auf Grund einer deutlich geringeren Algenbiomasse dies nur selten der Fall ist. So liegen an der unteren Mittelelbe an der Messstation Schnackenburg während der Wachstumsphase der Algen nur 20 % des Gesamtphosphors in gelöster (ortho-P) Form vor, während dieser Anteil am Niederrhein noch bei rund 50 % liegt. An der Elbe wird folglich ein wesentlich höherer Anteil der gelösten Nährstoffe durch die Bildung von Algenbiomasse in die partikuläre Fraktion überführt. Durch modellhafte Verknüpfung der Transportvorgänge mit dem Stoffumsatz sind die Simulationen auch als Grundlage für Nährstoffbilanzierungen geeignet und können helfen, die Retention von Nährstoffen in Rhein und Elbe zu bestimmen.

Nutzung innovativer Datenprodukte zu Monitoring und Modellierung des Wasserhaushalts

Peer Helmke, Klaus Görgen, Sebastian Knist, Peter Krahe, Enno Nilson

Die Bundesanstalt für Gewässerkunde ist im Rahmen ihrer Aufgaben unter anderem für das Monitoring des Wasserhaushalts und der natürlichen Wasserressourcen in Deutschland verantwortlich. In diesem Zusammenhang werden neben gängigen Beobachtungsdatenprodukten (Stationsdaten der Wetterdienste und daraus abgeleiteter Rasterdaten) auch satellitengestützte, modellgestützte und kombinierte Datenprodukte in Experimenten berücksichtigt und hinsichtlich ihrer spezifischen Vorzüge und Einschränkungen bewertet. So erlauben beispielsweise Niederschlags- und Bodenfeuchtedatenprodukte, die im Rahmen des H-SAF Projektes (Satellite Application Facility on Support to Operational Hydrology and Water Management) aus Satellitenmessungen abgeleitet werden, eine zeitnahe Evaluation von Extremereignissen (z.B. Hochwasser 2013, Niedrigwasser 2015). Durch Entwicklungen von Datensätzen, die auf Satellitengravimetrie beruhen, konnten neue Erkenntnisse zu makroskaligen, saisonalen Variationen des terrestrischen Bodenwassergesamtolumens gewonnen werden. Räumliche und zeitliche Auflösung dieser Daten verhinderten jedoch den sinnvollen Einsatz in der Wasserhaushaltsmodellierung. Neuere Entwicklungen wie das H-SAF Bodenfeuchteprodukt SM-DAS-2 haben bei einer täglichen globalen Abdeckung in 25 km Auflösung in vier Tiefenzonen jedoch ein erhebliches Potenzial die hydrologische Modellierung durch Assimilierung zu verbessern. Die nahe Echtzeit Bereitstellung der Daten (Folgetag des Überfluges) ermöglicht zudem eine Reaktion auf Extremereignisse nahe am bzw. noch während des Prozesses (z.B. Starkregen).

Eine weitere Aufgabenstellung ist die Simulation des zukünftigen Wasserhaushalts mit dem Ziel die Belastbarkeit von Aussagen zur Verfügbarkeit von Wasserressourcen in den kommenden Dekaden zu bewerten. So wurde in Kooperation mit der Universität Bonn der Mehrwert eines besonders hochauflösenden und damit konvektionserlaubenden regionalen Klimamodells (Weather Research and Forecasting Model WRF), 3 km), gegenüber den derzeit gängigen Klimamodellen (z.B. EU-CORDEX, 11 km) bewertet. Im Fokus standen dabei u.a. Austauschprozesse zwischen Erdoberfläche und Atmosphäre unter synoptischen Randbedingungen, die zu extremen hydrologischen Situationen in den deutschen Stromgebieten geführt haben (Winterhochwasser 1994/1995, Sommerniedrigwasser 2003, Sommerhochwasser 2013).

Präsentiert wird die Anwendung der innovativen Datenprodukte zur Analyse hydrologischer Extremereignisse.

GEMStat – Das globale Datenportal für die Wasserqualität

Philipp Saile, Roland Funke

Aufgabe des seit 1978 bestehenden GEMS/Water Programms ist, das Wissen über den qualitativen Zustand von Süßwasserressourcen weltweit zu verbessern, indem es die Programmpartner mit zielgerichteten Trainingskursen und der Erstellung von Leitfäden zum Monitoring im Auf- und Ausbau ihrer Beobachtungskapazitäten unterstützt, Daten zur Wasserqualität sammelt, prüft und für regionale und globale Studien zur Verfügung stellt sowie abgeleitete Datenprodukte entwickelt.

Seit April 2014 betreibt die BfG in Koblenz im Auftrag des Bundesministerium für Umwelt (BMUB) unter Federführung des International Centre for Water Resources and Global Change (ICWRGC) das neu gegründete GEMS/Water Datenzentrum, das die Pflege und Weiterentwicklung des globalen Wasserqualitäts-Informationssystem GEMStat nach 35 Jahren Betrieb durch Environment Canada fortsetzt.

GEMStat umfasst Daten zur Wasserqualität in Oberflächen- und Grundwasser von über 4000 Stationen aus allen Kontinenten mit über 5. Mio Datensätzen für ca. 250 physikalische, chemische und biologische Parameter. Sämtliche Daten werden von zuständigen nationalen Ämtern der Partner sowie von assoziierten Organisationen übermittelt. Die Bereitstellung der Daten und daraus abgeleiteter Informationen erfolgt dabei über ein Informationssystem, das sowohl Mensch (Website) als auch Maschine (Web Services) einfachen Zugang ermöglichen soll. Im Rahmen der Migration von GEMStat entschied sich die BfG zu einer Erneuerung der Software inklusive eines neuen Webportals und der Überarbeitung von Datenformaten und Webdiensten unter Verwendung von offenen OGC Standards.

Mit dem Re-Design erfolgt ein Wechsel auf die weltweit vielfach eingesetzte Standardsoftware KiWQM/WISKI der KISTERS AG, Aachen. Das Wasserqualitätsmodul KiWQM und das Messdatenmanagement WISKI bieten umfassende Möglichkeiten zur Bearbeitung von Daten aus kontinuierlich messenden Sensoren und Ergebnissen aus Probenahmen. Da KiWQM und WISKI vollständig integriert sind, können die Möglichkeiten zur Datenstrukturierung, Berechnung, Analyse, Skripting sowie der Darstellung gemeinsam genutzt werden.

Um Datenbestände, Auswertungen und räumliche Übersichten zu veröffentlichen, wird die KISTERS Web Interoperability Solution (KiWIS) eingesetzt. KiWIS ist ein Framework für verschiedene Web-Services (u.a. KiQS, SOS1/2, WMS, WFS, WaterML2) und bietet die Daten(-produkte) den verschiedenen Benutzergruppen inkl. Authentifizierung und Autorisierung an. Der GEMStat-Website baut auf den KISTERS Web Widgets auf. Sie wurden entwickelt, um die Daten fachlich korrekt darzustellen. Im GEMStat-Portal werden diese Funktionalitäten konsequent mit GIS-Komponenten verknüpft, so dass neben der umfangreichen Information auch eine einfache Navigation für den Anwender angeboten wird.

Das Projekt zum Re-Design wurde im September begonnen. Die Phase 1 endet im Januar 2016. Es ist geplant, in weiteren Phasen den Funktionsumfang kontinuierlich zu erweitern. Der aktuelle Stand wird präsentiert.

Modellbasierte Quantifizierung der Abflussanteile aus Regen, Schnee- und Gletscherschmelze im Rheineinzugsgebiet im Zeitraum von 1901 bis 2006

Kai Gerlinger, Mario Böhm, Kerstin Stahl, Markus Weiler, Irene Kohn, Daphné Freudiger, Jan Seibert, Marc Vis

Ziel des KHR-Forschungsprojekts war die Erfassung der Abflussanteile aus Schnee- und Gletscherschmelze im Rhein und seinen Zuflüssen vor dem Hintergrund des Klimawandels (ASG-Rhein). Hintergrund waren bisherige Studien, die einen zukünftigen Rückgang des Beitrags der Gletscherschmelze entlang des Rheins sowie Veränderungen in den Schneeanteilen prognostizieren.

Dazu war im ASG-Projekt zunächst zu klären, wie sich rückblickend seit Anfang des 20. Jh. die Abflussanteile verändert haben. Die schnee- und regenbürtige Abflussanteile innerhalb des Rhein-Einzugsgebiets wurden gemeinsam mit den Veränderungen der Gletscher für die lange Zeitperiode von 1901-2006 auf Tagesbasis modelliert. Dies ermöglicht u.a. die Abschätzung des Beitrags der Abflussanteile aus Schnee- und Gletscherschmelze zu Extremereignissen, insbesondere zu Niedrigwasserperioden am Mittel- und Unterrhein.

Zunächst wurde ein umfassendes Datenkollektiv an Beobachtungsdaten und abgeleiteter Produkte für den Zeitraum 1901-2006 erstellt. Dieses Datenkollektiv wurde in der Analyse und Modellkalibrierung bzw. Modellvalidierung eingesetzt. Das Datenkollektiv umfasst zum einen für die Meteorologie rekonstruierte Daten für den Zeitraum 1901-1950, ab 1951 Beobachtungsdaten. Zum anderen umfasst das Datenkollektiv alle Beobachtungsdaten der Abflüsse an wichtigen Pegeln als auch an den alpinen, vergletscherten Kopfeinzugsgebieten (auch kurze Zeitreihen) sowie u.a. eine neue Digitalisierung der vorhandenen Gletscherflächen zu Anfang des 20. Jh..

Für die Quantifizierung der Abflussanteile wurde eine mehrstufige Modellkette für den Rhein aufgebaut. Die vergletscherten Kopfeinzugsgebiete des Rhein-Einzugsgebiets wurden mit dem Modell HBV-Light modelliert. Für das Gesamtgebiet des Rheins kamen verschiedene rasterbasierte LARSIM-Wasserhaushaltsmodelle zum Einsatz. Dabei wurde für das Rheineinzugsgebiet bis zum Pegel Basel ein hochaufgelöstes 1x1km-Modell, für das restliche Rheineinzugsgebiet ein 5x5km-Modell verwendet.

Die Modelle wurden hierzu in vielerlei Hinsicht erweitert und angepasst. Bei der Modellierung wurden Lösungen entwickelt zur Verfolgung der regen-, schnee- und gletscherbürtigen Abflussanteile von der Abflussbildung durch die Modellspeicher und entlang der Flüsse. Die zeitliche Entwicklung von wasserwirtschaftlichen Maßnahmen im Rhein-Einzugsgebiet wurde angenähert in die Modelle integriert.

Die Ergebnisse der Modelle für die Abflussanteile aus den Kopfeinzugsgebieten, aber auch für die Pegel entlang des Rheins und seiner Zuflüsse werden vorgestellt. Dabei wird insbesondere auf einzelne Niedrigwasserjahre im Zeitraum 1901-2006 eingegangen, in denen die maximalen Anteile aus Schnee- und Gletscherschmelze am Abfluss deutlich höher als im Mittel waren. So betrug z.B. im Mittel der Trockenjahre 1921, 1947, 1976 und 2003 am Pegel Basel der Schneeanteil 42% und der Gletscheranteil knapp 6%, wobei im Mittel des August der vier Jahre der Gletscheranteil am Gesamtabfluss bei knapp 20% liegt.

Grenzüberschreitende Stoffströme verringern helfen - Abbau von abwasserbür- tigen Spurenstoffen in einem wiedervernässten Niedermoor

Dagmar Balla, Sebastian Maaßen

Gereinigtes Abwasser wird in der Regel in Oberflächengewässer eingeleitet, um auf schnellst möglichem Wege verdünnt und abgeleitet zu werden. Dabei werden noch enthaltene Spurenstoffe von einem Wassereinzugsgebiet in das Unterliegergebiet verlagert. Die Idee, Schadstoffe im erzeugenden Einzugsgebiet auch zu beseitigen (Zero Stoffstrommanagement) führte zu der Durchführung folgender Untersuchungen:

Auf einer ehemals stark degradierten, wiedervernässten Niedermoorfläche (Pilotanlage Biesenbrow in Brandenburg, 8 ha) wurde in den Jahren 2011 bis 2013 in Ergänzung zum täglichen Zusatzwasserbedarf von 6 mm während der Vegetationsperiode gereinigtes Abwasser von 0,6 mm aus einer ländlichen Gemeinde zur Erzielung hoher Grundwasserstände oberflächenah verrieselt. Dabei wurde von der Hypothese ausgegangen, dass die Torfböden mit einem hohen Gehalt an organischer, auch frisch gebildeter, Substanz (> 30 %) sowie lange Aufenthaltszeiten bei der Grundwasserpassage in angrenzende Fließgewässer den Abbau von Spurenstoffen, die nach einer Abwasserreinigung noch im Klärwerksabfluss enthalten sind, begünstigen können. Prozesse wie Photodegradierung, aerobe und anaerobe Biodegradation, Adsorption an die organische Bodensubstanz sind dabei von Bedeutung.

In einem hydrologischen Monitoring (Wasserstände, Spurenstoffanalytik für Grund- und Oberflächenwasser für insgesamt 73 Substanzen, hydrochemische Parameter), der Untersuchung der Spurenstoffadsorption an der Torfsubstanz sowie durch ökotoxikologische Tests in den Torfböden wurden die Auswirkungen der Spurenstoffapplikation analysiert. Begleitet wurden diese Messungen durch die FEFLOW-gestützte Ermittlung von Aufenthaltszeiten im System Grund- Grabenwasser.

Im gereinigten Abwasser wurden die höchsten Konzentrationen für die Medikamentenwirkstoffe Carbamazepin und Diclofenac sowie für die Korrosionsschutzmittel Benzotriazol und Tolytriazol ermittelt. Sie betragen etwa das 100-fache der Bestimmungsgrenzen. Während und nach der Applikation wurden keine Spurenstoffe im Grund- und Oberflächenwasser nachgewiesen, ausgenommen in einer Grundwasserprobe (von den insgesamt 36) während des Sommers in einer Phase des Grundwasserspiegelabfalls infolge von Trockenheit (Diclofenac 0,3 µg/l). Der Torfboden zeigte eine nur geringfügige Adsorption von Carbamazepin und Diclofenac. Die ökotoxikologischen Tests zeigten keine nennenswerten Beeinträchtigungen der Bodenflora und -fauna.

Diese unter natürlichen Bedingungen gewonnen Ergebnisse lassen den Schluss eines möglichen Schadstoffabbaus bei der Grundwasser- Oberflächenwasserpassage in diesen Niederungsgebieten zu, erfordern weitergehende Prozessuntersuchungen unter den vorherrschenden Randbedingungen und eröffnen die Chance eines zusätzlichen Spurenstoffabbaus in ähnlichen Feuchtgebieten in Klärwerksnähe.

Abschätzung des Bedarfs der Verwendung von behandeltem Abwasser für die landwirtschaftliche Bewässerung

Sebastian Maaßen, Dagmar Balla

In Deutschland kann die landwirtschaftliche Wasserentnahme aus oberflächennahen Grundwasserleitern zu regionalen Nutzungskonflikten führen. In dieser Studie war daher der Bedarf an der Erschließung alternativer oder zusätzlicher Wasserquellen für die landwirtschaftliche Bewässerung abzuschätzen. Weiterhin war zu analysieren, ob die Nutzung von behandeltem Abwasser zur Bewässerung zu einer Stabilisierung bereits beanspruchter Grundwasserleiter und somit zu einem nachhaltigen Wasserressourcenmanagement beitragen kann.

Hierfür wurden auf Bundesland- und Landkreisebene zunächst verschiedene Parameter näher untersucht, die in die Bilanzierung des Wasserdargebots eingehen. Ausgehend davon wurden Regionen aufgezeigt, die potentiell einem hohen Trockenstress ausgesetzt sind und in denen saisonal ein Bedarf an Zusatzbewässerung besteht. Die Analyse bezieht sich hierbei auf die momentan vorherrschenden klimatischen Bedingungen sowie auf zukünftige klimatische Entwicklungen bis zum Jahre 2050. Für die Bundesländer und Landkreise wurde die Bewässerungsmenge in Abhängigkeit von der Wasserherkunft ermittelt. Es wurde abgeschätzt, ob das regionale Wasserdargebot zur Deckung des landwirtschaftlichen Wasserbedarfs ausreichend ist oder ob eine Zusatzbewässerung mit gereinigtem Abwasser als alternative oder ergänzende Wasserquelle notwendig erscheint. Die kommunalen Abwassermengen wurden auf Bundesland- und Kreisebene ermittelt. Außerdem wurde betrachtet, ob die Verwendung von behandeltem Abwasser zur Bewässerung eine Stabilisierung des guten mengenmäßigen Grundwasserzustands bewirken würde, da dadurch die Grundwasserentnahmen stark reduziert werden würden.

Die Analysen zeigen, dass in einigen Regionen ein gewisser landwirtschaftlicher Bewässerungsbedarf besteht, welcher jedoch in den meisten Fällen aus den vorhandenen Wasserressourcen (v.a. Grund- und Oberflächenwasser) gedeckt werden kann. Einige Landkreise in der Lüneburger Heide und im Oberrheinischen Tiefland würden von einer Zusatzbewässerung aus behandeltem Abwasser profitieren, sodass der mengenmäßige Grundwasserzustand in diesen Regionen trotz potentiell hoher Entnahmen zur landwirtschaftlichen Bewässerung gestützt bzw. verbessert werden könnte.

Um die richtige Maßnahme zur Effizienzsteigerung der Wassernutzung zu wählen bzw. zu entscheiden, ob eine Bewässerung mit behandeltem Abwasser in Frage kommt, sollte zuvor eine fallbezogene detaillierte Auswertung der Grundwasserneubildung im jeweiligen Einzugsgebiet erfolgen. Außerdem sollte eine Bestandsaufnahme der Wasserrechte mit den tatsächlichen Entnahmen unter Einbeziehung weiterer Standortbedingungen durchgeführt werden.

Constraining the long-term hydrological modelling of the glaciated headwater catchments of the River Rhine

Irene Kohn, Marc Vis, Daphné Freudiger, Jan Seibert, Markus Weiler, Kerstin Stahl

The response of alpine streamflows to long-term climate variations is of high interest for numerous reasons. The presented study aimed to model daily streamflow as well as the contributions of ice and snow melt for all of the River Rhine's glaciated headwater catchments over the period from 1901 to 2006. A key challenge in modelling high-elevation catchments is to capture the complexity and spatial variability of processes, whereas the availability of data is rather poor, restricting options for model calibration and validation. Glaciers represent a long-term storage component and introduce additional calibration parameters into the modelling challenge. To address these challenges we explored all possible information sources and developed an adapted modelling framework based on an extended version of the HBV model, which is a typical tank-type model. In previous work a time-variable glacier change model and a conceptual representation of snow redistribution had been integrated into the model. In this study constraints were applied in several ways. Firstly, observed discharge data was used in a water balance approach to correct precipitation input data for each catchment in order to avoid calibration of precipitation. Secondly, information on glacier area change from maps and from satellite products and information on snow depth and snow covered area from a gridded snow data product were used for the calibration of each catchment model. Finally, specific seasonal and dynamic aspects of discharge were used for calibration. The modelling experiment showed that the long-term development of the coupled glacier and streamflow change was particularly successfully to constrain the model through an objective function incorporating three benchmarks of glacier retreat during the 20th Century. Modelling using only streamflow as calibration criteria had resulted in disproportionately high under and over estimation of glacier retreat, while the agreement of simulated and observed streamflow was acceptable. By incorporating the glacier benchmarks a good match of glacier retreat and streamflow changes over the century could be achieved. Also, even short discharge time series from the first half of the 20th century considerably improved the calibration. For the ungauged catchments several model parameters related to runoff had to be transferred from the gauged catchments. Yet, for the calibration of snow and glacier parameters the available information on snow and glacier could be used in the same matter as for the gauged catchments, which helped to constrain the simulations. Although the multiple observational data may also be subject to uncertainties, this study clearly illustrates that such data help to reduce parameter uncertainty which is commonly large in alpine environments. This study shows the particular benefit for long-term modelling in a changing climate.

Großräumige Hydrologische Modellierung und Decision Support System für eine nachhaltige Wasserverteilung im ariden Nordwesten Chinas

Markus Disse, Andreas Brieden, Yang Yu, Philipp Huttner, Christian Rumbaur, Marie Hinnenthal

Der Tarim Fluss im Nordwesten Chinas (Provinz Xinjiang) ist einer der größte endorheischen Flüsse in Zentralasien. Aufgrund des extrem trockenen Klimas hängt die Wasserverfügbarkeit der Vegetation entlang des Tarim nahezu ausschließlich vom Flusswasser ab. Die extreme Steigerung des Wasserverbrauchs durch die Landwirtschaft in den letzten Jahrzehnten führte zu einer starken Nutzungskonkurrenz zwischen anthropogenem und natürlichem Wasserbedarf. Vor diesem Hintergrund forschten 11 deutsche und 6 chinesische Universitäten und Forschungsinstitute im Verbundprojekt SuMaRiO (www.sumario.de), um ein nachhaltiges Wasser- und Landmanagementsystem aufzubauen.

Dazu wurde zunächst ein großskaliges hydrologisches Modell (MIKE HYDRO) erstellt, das den Wasserbedarf der Landwirtschaft und der natürlichen Ökosysteme auf über 1000 km Flusslänge quantifiziert. Nach erfolgter Kalibrierung des Modells wurden Szenarien entwickelt, um den Einfluss von verschiedenen Bewässerungsstrategien und Flächennutzungen auf Ökosystemleistungen zu untersuchen

Zur Unterstützung der Entscheidungsträger wurde schließlich ein Decision Support System (DSS) aufgebaut. Es basiert auf ökologischen Indikatoren (Ecosystem Services, ESS) und dient letztendlich dem Zweck, den Stakeholdern ein Werkzeug in die Hand zu geben, mit dem sie die ökonomischen und ökologischen Folgen ihrer Handlungen beurteilen können. Die Auswirkungen geplanter Bewirtschaftungsmaßnahmen können quantitativ oder als relativer Wert berechnet werden. Dazu wurden ESS-Indikatoren entwickelt, die entweder in SuMaRiO Stakeholder-Workshops erarbeitet oder aus (detaillierten) Modellergebnissen abgeleitet wurden. Im ersten Schritt des Inputs des DSS können drei frei wählbare Jahre festgelegt werden, in dem die Managementmaßnahmen durchgeführt werden. Im zweiten Schritt kann man zwischen vier verschiedenen Klimaszenarien wählen. Auf der Grundlage dieser Klimaszenarien werden die potenziellen Zuflüsse in den Tarim berechnet. Der Anwender kann abhängig von den vier Klimaszenarien zwischen acht möglichen Zuflüssen wählen. Im dritten Schritt kann für die definierten Jahre die mögliche Entwicklung von sozioökonomischen Indikatoren eingegeben werden. Im vierten Schritt des Inputs können bis zu zehn Managementmaßnahmen eingegeben werden. Für jede geplante Managementmaßnahme stehen entsprechende Indikatoren zur Verfügung, die mit Zielgrößen und zugeordneten Gewichten vom Benutzer versehen werden.

Im Berechnungsteil des DSS werden die Veränderungen der ESS-Indikatoren für jedes Jahr und für jede Bewirtschaftungsmaßnahme mit Hilfe von multivariaten Funktionen und Fuzzy-Logik berechnet. Die Ergebnisse werden entweder tabellarisch, graphisch oder mit Hilfe von Karten ausgegeben.

Das Decision Support System hat inzwischen eine hohe Aufmerksamkeit bei den Wasserbehörden in der Provinz Xinjiang erhalten und wird als Prototyp für den Tarim Fluss im 13. Fünfjahresplan Chinas getestet werden.

Das Wasserhaushaltsportal Sachsen – Eine interaktive Web-Applikation zu möglichen Auswirkungen des Klimawandels auf den Wasserhaushalt in Sachsen

Robert Schwarze, Corina Hauffe, Werner Dröge, Patric Röhm, Niels Schütze

Zunehmende Veränderungen der Häufigkeit bestimmter Wetterphänomene lösen verstärkt Diskussionen über Ursachen und mögliche zukünftige Auswirkungen und Folgen des Klimawandels aus. Dies stellt erhöhte Anforderungen an Wasserwirtschaftsbehörden, Daten, Informationen und Prognosen zur Entwicklung des Wasserdargebots in einer sich ändernden Umwelt sowohl Fachleuten als auch der breiten Öffentlichkeit zur Verfügung zu stellen. Um dieses Ziel zu erreichen, müssen leicht zugängliche Informationskanäle primär über das Internet genutzt werden. Dafür wurde das Wasserhaushaltsportal Sachsen erstellt. Es ermöglicht den Zugriff auf sachsenweite Daten für einzelne Wasserhaushalts-komponenten für den Ist-Zustand (1951–2010) und für Zukunftsszenarien (2011–2100). Die Wasserhaushaltsdaten als auch das Portal sind Ergebnisse des vom Freistaat Sachsen finanzierten Forschungsprojekts KIWES, das Auswirkungen prognostizierter Klimaänderungen auf Wasser- und Stoffhaushalt in Einzugsgebieten sächsischer Gewässer untersucht.

Vorgestellt wird der Themenkreis Wasserhaushalt. Ergebnisse (Ist-Zustand, Szenarien) für Niederschlag, Verdunstung, Gesamtabfluss, Direktabfluss, schneller und langsamer Grundwasserabfluss sowie Grundwasserneubildung liegen in der räumlichen Auflösung 500x500m sachsenweit vor. Die zeitliche Auflösung überdeckt die Spanne täglich bis langjähriges Mittel. Das dreistufige Portal umfasst webbasierte Geoinformationssysteme mit vorab berechneten Ergebnissen und ein webbasiertes Expertensystem zur interaktiven Wasserhaushaltssimulation:

Säule A Ergebnisse sachsenweiter Analysen geeigneter Beobachtungsdaten und inverse Ableitung von Wasserhaushaltsdaten für den Istzustand

Säule B Ergebnisse der sachsenweiten Wasserhaushaltsberechnung mit einem Wasserhaushaltsmodell für Ist-Zustand und Szenarien (13 Klima- und 3 Landnutzungsszenarien)

Säule C ermöglicht es Nutzern, Wasserhaushaltsberechnungen mit selbst gewählten Parametern und Eingangsdaten über eine Web-Anwendung durchzuführen

Beitrag stellt ausgewählte Aspekte vor:

- Methode zur Regionalisierung von Klimadaten und Erfassung von Nebelniederschlägen
- Physikalisch begründetes Parametermodell für Grundwasserabflussmodell. Überführung eines im DFG-Schwerpunkt „Regionalisierung in der Hydrologie“ erarbeiteten theoretischen Ansatzes über Pilotumsetzung innerhalb BMBF-Verbund „Elbeökologie“ bis zur Praxisanwendung innerhalb KIWES wird nachgezeichnet.
- Modellauswahl für Säule B. Untersucht wurden BROOK90, SWAT, HYDRUS, ArcEGMO, WaSiM-ETH, AKWA-M, MIKE SHE mit einer quantifizierbaren Methode zur Ermittlung von Bewertungszahlen unter Nutzung objektiver Testkriterien in drei Maßstabsebenen (Lysimeter, Kleinstinzugsgebiet, Einzugsgebiet). Ergebnis: ArcEGMO mit Grundwasserabflussmodell SLOWCOMP in Sachsen am besten geeignet.
- Zweistufige, multikriterielle Parameteroptimierung für Säule B
- Anforderungen an Web-basierte interaktive Wasserhaushaltssimulation
- Grundzüge IT-Lösung www.wasserhaushaltsportal.sachsen.de

Water-, nutritional- and economic productivity: indicators to evaluate agriculture land use in a water scarce region

Sebastian Multsch, Markus Pahlow, Thomas Michalik, Hans-Georg Frede, Lutz Breuer

The High Plains Aquifer (HPA) is one of the largest groundwater aquifers world-wide and builds up the basis for the local agriculture in the center of the USA by supplying irrigation water for 7.6 mio. ha of irrigated land. The so called water footprint (WF) has been calculated for these irrigated areas by using the spatial decision support system SPARE:WATER on the basis of local data for the time period between 1990 and 2012. WF is defined as the direct and indirect water needed to produce goods and services in relation to regions, people and products. WF is divided into green (consumed rainfall), blue (consumed surface and groundwater) and grey (water needed to dilute pollutants according to national standards) water, whereby the latter one has not been addressed in this study. The total WF sums up to 45.72 km³/yr with 46 % blue water and 54 % green water. The largest fraction of blue water is consumed in the center and southern HPA whereby green water is dominating in the northern parts. Corn consumes annually the highest fraction of the green (9.6 km³/yr) and blue (7.1 km³/yr) water and is cultivated across the entire HPA. The fraction of blue water is higher in the southern part where cotton is dominating the WF with a total consumption of 7.4 km³/yr per year and a high percentage of blue water of 70%. Further indicators have been calculated to evaluate the sustainability of the current land use allocation in addition to WF, i.e. economic productivity and nutritional productivity. This analysis has shown that corn is by far the most productive crop in terms of economic (0.34 USD/m³) and nutritional (4,362 kcal/m³) water productivity, but the total water consumption by corn is comparably large. An alternative could be sorghum, which requires less irrigation water per hectare (-20%). Nevertheless, the accompanied nutrient losses are large with 28%, yet those may be acceptable in order to extend the lifespan of the HPA. Hence, by considering a broader range of indicators, i.e. green and blue water footprint as well as economic and nutritional water productivity, sustainable strategies to manage the HPA can be identified, which might be of interest for a sustainable management of other catchments world-wide.

Hochwasser an der Saale - Rhythmus, Talsperren und Statistik

Ralf Haupt, Claudia Pfannschmidt, Franziska Halbing, Markus Wolf

Die Saale ist mit ca. 25.000 km² Einzugsgebiet einer der größeren Zuflüsse zur Elbe und durchquert die drei deutschen Bundesländer Bayern, Thüringen und Sachsen-Anhalt. Wesentliche Anteile des Einzugsgebietes der Saale liegen im Mittelgebirge. Große Bereiche z. B. des Fichtelgebirges, des Thüringer Waldes oder des Harzes entwässern in die Saale. Hierbei handelt es sich um ausgesprochene Hochwasserentstehungsgebiete, die das Abflussregime der Saale insgesamt maßgeblich prägen.

Nicht zuletzt die Hochwasserproblematik führte zum Bau der Saale-Talsperren, dem größten Talsperren-System Deutschlands. Während die Talsperren selber sich vollständig in Thüringen befinden, liegen große Anteile des Zufluss-Gebietes in Bayern. Hochwasserrückhalt wird in Thüringen und Sachsen-Anhalt wirksam. Aus dieser Konstellation heraus ist es geboten, dass die betroffenen drei Gewässerkundlichen Landesdienste (GLD) in der Hochwasserproblematik und darüber hinaus eine enge Abstimmung und Zusammenarbeit pflegen. Dazu gehört z. B. die Verfügbarmachung von Hochwasserabflusskennwerten, nach denen wasserwirtschaftliche Anlagen und Planungen bemessen bzw. Überschwemmungsgebiete ausgewiesen werden.

Dies wurde 2014/2015 durch die Erarbeitung eines gemeinsamen Hochwasserabfluss-Längsschnittes vom Pegel Weißendorf in Bayern bis zur Mündung der Saale in die Elbe (Sachsen-Anhalt) auf eine neue Grundlage gestellt. Für die Saale ergab sich insbesondere nach dem Hochwasser Mai/Juni 2013 auf Grund der hohen Betroffenheit die außerordentliche Notwendigkeit, die Bemessungskennwerte HQ(T) an die aktuellen Erkenntnisse und über die gesamte Flusslänge anzupassen. Die länderübergreifende Abstimmung des hydrologischen Längsschnittes der Saale wurde dabei begünstigt durch die zeitgleiche Umsetzung der Vorgaben aus der EU-Hochwasserrisikomanagementrichtlinie.

Im Poster werden ausgewählte Teilaspekte dieser Untersuchung vorgestellt, u. a.

- Rhythmus und Saisonalität der Hochwasserereignisse an den Saale-Talsperren (Auswertung der neu zusammengestellten Reihe 1933 bis 2014 von Höchstwerten des Gesamtzuflusses),

- fundierte Klärung des Effektes der Hochwasserrückhaltefunktion der Talsperren für die Saale unterhalb [Vorstellung des HQ(T)-Längsschnittes],

- Aktualisierung und Synchronisation aller verfügbaren Pegelbeobachtungsreihen an der Saale hinsichtlich Reihenlänge und Auswertemethode [16 Pegel mit Hochwasserstatistik für HQ(2) bis HQ(200)].

Quellen:

Haupt, R.; Liese, C.; Halbing, F., Wolf, M. (2015): Hochwasserabflusskennwerte für die Saale von der Quelle bis zur Mündung., Hydrologie und Wasserbewirtschaftung, 59 (2015), H. 5, 282 - 284, Koblenz

Haupt, R.; Liese, C. (2015): Statistische Auswertung von Hochwasserzuflüssen der Saale-Talsperren., unveröffentlichter Bericht der Thüringer Landesanstalt für Umwelt und Geologie, Jena

Nachhaltiger Gewässer- und Bodenschutz - Stoffkreisläufe am administrativen Scheideweg?

Hans-Jürgen Ulonska

Derzeit weisen nicht einheitliche Methoden zur Bestimmung von Bodenparametern Lücken auf. Dazu gehören bspw. nichtsynthetische mineralische Korngrößenverteilungen in Feinböden und -sedimenten. Für eine Vielzahl von Schadstoffen gibt es keine ausreichend allgemein übertragbaren Modellvorstellungen, die eine Prognose des Transportes in der ungesättigten Bodenzone erlauben. Aus diesen Gründen erschien es notwendig, das Thema breit anzugehen. Allein beim fachrechtsübergreifenden Vollzug zeigt sich, dass über zu synchronisierende Bodeninformationssysteme viel erreicht werden kann. Verbindungen zwischen wirtschaftlicher Nutzung und verpflichtenden überregionalen allgemeinen Umweltauflagen basieren auf geeigneten geographischen Ebenen mit kompatiblen und überprüfbaren Standards zum vorsorgenden Gewässer- und Bodenschutz.

Frameworks for participatory Water resources and Flood risk management

Adrian Almoradie, Mariele Evers

Participation in Water resources and Flood risk management (WRFM) can be in different forms. The form of participation depends on the type of management strategies (long term or event management) and application area (e.g. management of watershed, bathing water quality, floods, etc...). Researches in other fields categorised the level of participation into contractual, consultative, collaborative and collegiate. In environmental management the important aspect common to different type of participation is the integration of scientific and local information or knowledge. The proper integration of these local information and scientific knowledge may significantly improve management strategies.

Here we developed different participatory frameworks to address different type of management strategies. These participatory frameworks were based on the different level of participation. .

The framework termed IKS (Information and Knowledge Sharing) was conceptualised for an effective assimilation of stakeholders' information and knowledge in WRFM. This can lead to mobilization and utilization of more reliable and up to date information in WRFM processes.

The developed framework CP (Consultative Participation) was conceptualised for an effective and more inclusive type of participation. More inclusive participation through consultation can influence existing practices in the management and planning of water resources or floods.

Lastly, the framework CDM (Collaborative Decision Making) is intended for a collaborative type of participation where stakeholders together with experts identify relevant scenarios and realistic management alternatives that address commonly agreed management objectives. The participating parties subsequently assess the preferred alternatives, first by enabling the individual stakeholders to provide their own ranking of alternatives, which is then followed by aggregation of these rankings to represent the view of the whole participating group. When carried out in a fully transparent manner this process can possibly lead to negotiations (amongst the stakeholders) towards a consensus on the preferred management alternatives to be implemented.

The selection of the different type of participation will likely be different for different cases, depending on the work objectives and the stakeholders involved. These frameworks were adapted to real case studies with different problems, management approaches and objectives. These management problems/objectives and case studies are the following: (1) Lake water quality- Noord Brabant, The Netherlands, (2) Flood risk awareness and information dissemination (Danube river and Somes Mare Catchment, Romania) and (3) Flood risk management by empowering stakeholders in decision making (Cranbrook catchment, UK and Alster catchment, Germany)

Warnungen des Bundesamts für Umwelt (BAFU) vor Hochwasser

David Volken

Der Schutz der Bevölkerung und ihrer Lebensgrundlagen vor Naturgefahren ist eine zentrale Aufgabe des Staates. Mit dem integralen Risikomanagement, welches alle Handlungsoptionen zur Verbesserung der Sicherheit nutzt, soll den Naturgefahren mit ihren grossen Unsicherheiten begegnet werden. Öffentlichkeit und Politik fordern einen besseren Schutz vor Naturgefahren und insbesondere eine frühzeitige Warnung und Alarmierung

Die Inkraftsetzung der ABCN-Einsatzverordnung und der Alarmierungsverordnung (AV) sowie die Ergänzung der Radio- und Fernsehverordnung (RTVV) am 1. Januar 2011 hat die Zuständigkeit für die Warnungen vor Naturgefahren sowie deren Vermittlung an die Behörden und die Bevölkerung in der Schweiz umfassend geregelt. Die Fachstellen des Bundes für Naturgefahren wurden für alle Gefahrenarten bestimmt, die Warnskala wurde für alle Stellen auf fünf Gefahrenstufen (keine oder geringe (grün), mässige (gelb), erhebliche (orange), grosse (rot), sehr grosse Gefahr (dunkel rot)) festgelegt und die Zusammenarbeit zwischen Bund und Kantonen wurde optimiert.

Das Bundesamt für Umwelt (BAFU) hatte vor 2011 keinen gesetzlichen Auftrag, vor Hochwasser zu warnen. Statt offizieller Warnungen wurden im Bedarfsfall Hochwasserinfos für genau definierte Abflussmessstellen an nationale, kantonale und private Kunden, wie zum Beispiel die Behörden des Kantons Aargaus oder die Rheinschiffahrt in Basel, übermittelt. Mit der Revision der Alarmierungsverordnung wurde das BAFU verpflichtet, für sämtliche grösseren Gewässer in der Schweiz hydrologische Vorhersage zu erstellen und im Hochwasserfall die Behörden zu warnen. In Absprache mit den Kantonen wurden die Gewässer (Flüsse und Seen) definiert, für welche der Bund Warnungen ausgibt. Es handelt sich dabei um nationale Gewässer, die vor allem ein grosses Schadenpotential aufweisen. Es sind auch Flüsse, die durch mehrere Kantone fliessen oder internationale Fliessgewässer sowie Seen, an welche mehrere Kantone grenzen oder welche die Grenze zu Nachbarländern bilden.

Zeichnet sich ein markantes Hochwasser-Ereignis ab, finden zwischen den Prognostikern des BAFU und der MeteoSchweiz regelmässige Telefonkonferenzen zur Abstimmung der Lage und der Warntätigkeit statt. Spielt beim Ereignis auch die Schneeschmelze eine wichtige Rolle, wird der schneehydrologische Dienst des SLF zugeschaltet. Darüber hinaus kommen bei grossen Ereignissen die Führungsorganisationen der jeweiligen Bundesämter zum Einsatz. Warnungen werden verfasst und via die Nationale Alarmzentrale (NAZ) über gesicherte Vermittlungskanäle an die Einsatzzentralen der betroffenen Kantone verschickt. Muss die Bevölkerung rasch vor einem sehr grossen Hochwasser gewarnt werden, so steht dem BAFU seit dem Jahr 2011 das Mittel der verbreitungspflichtigen Bevölkerungswarnung zur Verfügung (AV und RTVV). Diese Warnungen müssen dann von den verpflichteten Rundfunksendern über Fernsehen und Radio rasch verbreitet werden.

Risikoabschätzung und Risikokommunikation im Hochwassermeldedienst Rheinland-Pfalz

Margret Johst, Norbert Demuth, Andreas Meuser

Ausgehend von den Erfahrungen der Hochwasser in den Jahren 1988, 1993, 1995, 2011 und 2013 sowie von den Vorgaben der europäischen Hochwasserrisikomanagement-Richtlinie wird das Hochwassermanagement in Rheinland-Pfalz kontinuierlich weiterentwickelt. Neben einer Risikoabschätzung in Form von Hochwassergefahren- und Hochwasserrisikokarten hat auch die Hochwasservorsorge einen hohen Stellenwert. Teil der Hochwasservorsorge ist der rheinland-pfälzische Hochwassermeldedienst.

Aufgabe des Hochwassermeldedienstes ist es, über vordefinierte Meldewege und in zunehmendem Maße auch über allgemein zugängliche Informationsquellen die Einsatzkräfte und potenziell von Hochwasser Betroffenen zu warnen. Diese Warnungen müssen möglichst früh erfolgen aber gleichzeitig auch sehr verlässlich sein. Je weiter der Vorhersagewert in der Zukunft liegt, desto unsicherer ist er, wobei die Unsicherheit der Wasserstandvorhersagen von der Einzugsgebietsgröße, der Wetterlage und weiteren ereignis- oder pegelspezifischen Faktoren abhängig ist.

Die Abschätzung der Vorhersageunsicherheit erfolgt für den Rhein durch eine statistische Analyse vergangener Hochwasser und daraus abgeleitete Perzentile der relativen Abweichung vom Wasserstandmesswert. Für die restlichen rheinland-pfälzischen Flüsse wird die Vorhersageunsicherheit durch eine Kombination der Wettervorhersageunsicherheit mit der Unsicherheit des hydrologischen Modells abgeschätzt. Hierzu werden Wettervorhersageensembles (20 mögliche Wetterentwicklungen) im operationellen Vorhersagebetrieb verwendet. Die Vorhersageunsicherheit des hydrologischen Modells wird durch eine Variation besonders sensibler Parameter abgeschätzt. Die Unsicherheit der Wasserstandvorhersage wird zukünftig durch Unsicherheitsbänder und Überschreitungswahrscheinlichkeiten für bestimmte Wasserstände auch für externe Nutzer dargestellt.

In dem Beitrag werden die rheinland-pfälzischen Maßnahmen des Hochwasserrisikomanagements insbesondere im Bereich Risikoabschätzung, Risikobewertung und Risikokommunikation im Hochwassermeldedienst vorgestellt. Hierzu werden Beispiele für vergangene Hochwasser und unterschiedliche hydrologische Prozesse gezeigt.

Webanwendung für sachsenweite Wasserhaushaltsberechnungen für vordefinierte und nutzerspezifische Klimaszenarien

Corina Hauffe, Patric Röhm, Anastasia Gurov, Robert Schwarze, Niels Schütze

Der interaktive Teil des Wasserhaushaltsportals Sachsen ermöglicht dem Nutzer eigene Wasserhaushaltsberechnungen in Sachsen durchzuführen. Damit bietet die interaktive Web-GIS-Anwendung dem Nutzer die Möglichkeit, verschiedene Einflüsse auf den Gebietswasserhaushalt zu simulieren. Neben der reinen Modellierung des Klimaeinflusses verschiedener Klimaprojektionen sind Änderungen in der land- und forstwirtschaftlichen Bewirtschaftung und Hydromeliorationsmaßnahmen möglich. Durch die Verwendung rezenter Klimadaten können diese Betrachtungen auch unter Ausschluss von Klimawandelaspekten ausgeführt werden.

In Abhängigkeit der Fragestellung muss sich der Nutzer zu Beginn einer Sitzung zwischen klein- und großräumiger Berechnung entscheiden. Somit können einerseits detaillierte flächenspezifische Fragestellungen auf Hydrotoplebene und andererseits regionale Veränderungen im großräumigen Maßstab untersucht werden. Im Laufe der Interaktion mit der Web-GIS-Anwendung werden dann nutzerdefinierte Angaben über die Gebietsparameter Landnutzung, Bodeneigenschaften und Drainage sowie ein Klimaszenario ermittelt und an eine automatisierte ArcEGMO-Schnittstelle weitergeleitet. Auf Grund der Rechenintensität erfolgt die Wasserhaushaltsberechnung parallelisiert auf Servern des Rechenzentrums der Technischen Universität Dresden. Als Ergebnisse werden Wasserhaushaltsgrößen als Monatsmittelwerte zum Download in tabellarischer Form zur Verfügung gestellt.

Grundlage der vollautomatischen Abarbeitung ist die Verwendung vorkalibrierter Modellrealisierungen des ArcEGMO-Wasserhaushaltsmodells. Auf Grundlage umfangreicher Untersuchungen wurden Eingabegrößen identifiziert, welche ohne erneute Kalibrierung des Gesamtmodells verändert werden können.

Änderungen der Eigenschaften sind nur für die gesamte Fläche eines Hydrotops möglich. Für diese können 12 verschiedene Landnutzungen ausgewählt werden. Einen großen Einfluss auf die Bodeneigenschaften Humusgehalt und die Lagerungsdichte haben pfluglose, bodenschonende und konservierende Bewirtschaftungsverfahren in der Agrarwirtschaft. Es wurden deshalb vorab Bodenparametersätze erarbeitet, die diese Effekte berücksichtigen. Der Nutzer kann diesen Bewirtschaftungseinfluss bei Bedarf interaktiv berücksichtigen. Weiterhin können Drainagen über die Parameter Drainageart (Graben- und Rohrdrainage), Drainagetiefe und Anschlussgrad gegenüber dem Ist-Zustand modifiziert werden. Der vorliegende Grundwasserflurabstand wird in Abhängigkeit der neu vorgegebenen Drainagetiefe bei Bedarf angepasst. Als meteorologische Eingangsdaten stehen dem Anwender 13 Klimarealisierungen zweier Klimaszenarios und Daten des Ist-Zustandes zur Auswahl bereit. Die Verwendung nutzerspezifischer Klimadatensätze ist möglich, erfolgt aber außerhalb des Portals.

Mit dem interaktiven Webauftritt wurde einem breiten Nutzerkreis die einfache Möglichkeit gegeben, eigene sachsenweite Wasserhaushaltsberechnungen durchzuführen.

Das Projekt "W-Q-Elbe 1890" - Grundlage für eine Neubewertung der Hochwassersituation an der Elbe

Martin Helms, Jürgen Ihringer, Jörg Belz

Wasserwirtschaftliche Planungen und Bemessungen an der Elbe erfordern eine umfassende Kenntnis ihres Abflussgeschehens. Dies gilt für alle Abflussbereiche, besonders aber für die Extreme. Vorliegender Beitrag bezieht sich dabei auf den Hochwasser-(HW-)Bereich.

Begründete Aussagen zur Auftretenswahrscheinlichkeit extremer und seltener HW-Ereignisse, wie vom August 2002, Juni 2013 oder noch größeren Ausmaßes, setzen zunächst langfristige und konsistente tägliche Abflussreihen an den Elbepegeln mit einer ausreichenden Anzahl vergleichbarer Referenzereignisse voraus. Am deutschen Elbelauf war diese Voraussetzung bis vor kurzem nicht zufriedenstellend erfüllt. Neben fehlenden Abflussreihen und -kurven einiger Elbepegel in der ersten Hälfte des 20. und gegen Ende des 19. Jahrhunderts ergaben sich Probleme durch fehlerhafte oder nicht hinreichend ausdifferenzierte Abflusskurven, die den vielfältigen Entwicklungen im Gerinne und im Vorland der Elbe seit Ende des 19. Jahrhunderts nicht gerecht wurden. Im Projekt „W-Q Elbe 1890“ wurden daher mit hydrologischen und diagnostischen Methoden die bisher genutzten Abflusskurven aller deutschen Elbepegel geprüft und bei identifizierten Inkonsistenzen plausibilisiert. Bisher fehlende Abflusskurven wurden rekonstruiert.

Dabei konnten die Abflusskurven bzw. täglichen Abflussreihen der wichtigsten Elbepegel zwischen Dresden und Neu Darchau im Zeitraum 1890-2006 aufeinander sowie auf verfügbare Abflussdirektmessungen und weitere Informationen abgestimmt werden. Das damit erreichte, plausible Gesamtbild zeigt unter anderem, dass es einer Neubewertung der statistischen HW-Kennwerte an der Elbe bedarf.

Belege dafür sind die Ergebnisse beispielhafter Analysen für den Abschnitt zwischen den Elbepegeln Dresden und Aken: Hier wurde eine Homogenisierung der HW-Abflüsse für den wasserwirtschaftlichen Ist-Zustand vorgenommen (Annahme heutiger Talsperrenwirkungen im tschechischen Bereich sowie standfester Deiche am deutschen Elbelauf ab dem Jahr 1890). Aus den homogenisierten Abflussreihen 1890-2013 wurden Serien jährlicher Scheitelabflüsse extrahiert und extremwertstatistisch analysiert. In eine ähnliche Richtung gehen die umfassenderen Untersuchungen des FGG-BfG-Projektes „Homogenisierung von HQ-Reihen für deutsche Elbepegel“ (in Arbeit).

Die Analysen liefern wesentliche Erkenntnisse für eine Neubewertung der HW-Situation an der Elbe, zeigen jedoch auch die Notwendigkeit einer über den derzeitigen Kenntnisstand hinausgehenden Informationserweiterung (IE). In diesem Zusammenhang werden Perspektiven der zeitlichen IE (Rekonstruktion bzw. Konsistenzprüfung der Abflussreihen vor 1890 und nach 2006), der kausalen IE (jahreszeitlich differenzierte HW-Statistiken, Referenz von Szenariosimulationen) und der räumlichen IE (Abgleich der Abflussreihen und HW-Statistiken im Elbelängsschnitt) diskutiert.

A combined dataset of glacier outlines from digitized historical maps and remote sensing and its application in hydrology

Daphné Freudiger, Markus Weiler, Irene Kohn, Kerstin Stahl

Glacier melt provides a large part of the summer discharge in many alpine basins. A better understanding of the processes behind the glacier retreat observed during the last century is needed to develop reliable hydrological models. Large efforts have been made to create consistent glacier inventories and remote sensing brings new opportunities for assessing glacier area. Data products of glacier outlines have been created from remote sensing data before, covering the entire area of the Swiss Alps for the years 1850 (estimation of the glacier outlines from the moraine extents of the retreated glaciers), 1973, 2003, and ca. 2010. However, only historical maps can provide information about glacier area between 1850 and 1973. The so-called “Siegfried maps” were drawn by hand from 1892 to 1944 and represent highly valuable information on the glacier area in the early 20th Century. In this study we digitized all glacier outlines from the “Siegfried maps” and compared the obtained product with the available products listed above in order to derive a homogenized dataset for all Swiss glaciers. More than 75% of the digitized data was assessed to be in good agreement with the other products.

The potential of these datasets for hydrological studies was then tested in two different applications. All glacier outlines in the period from 1850 to 2010 were first used for an empirical analysis of the potential controls on glacier retreat, i.e. to explore why some glaciers have decreased much faster than others. We empirically related the observed changes to several potential physiographic and climatic controls by fitting a generalized linear model. The best predictors were selected out of the best model runs to assess the individual effects of the potential controls. The fitted model explained more than 73% of the observed variance of the relative changes in glacier area.

In a second application, the glacier outlines were used as benchmark in the conceptual hydrological HBV-model to enable transient glacier modelling over a 100-yr simulation period. Glacier outlines were used to estimate glacier volume by means of volume-area-scaling and the transient glacier changes were assessed by a parameterization of the glacier surface elevation change in response to a change in mass balance. This model was applied to the Rhine basin. Overall the simulated glacier areas were in fair agreement with the observed glacier areas (from the different datasets). Further the model was able to reflect the known stable and retreating phases of the glaciers during the 20th Century.

In conclusion, the digitized glacier outlines from the historical Siegfried maps have shown to be suitable for different applications. The reconstructed glacier outlines yield highly needed information on glacier retreat prior to 1973. This study demonstrates that all available data from diverse sources should be collected in order to better capture the mechanisms behind glacier retreat at the larger scale.

Verfahren zur Untersuchung und Bewertung hydromorphologischer Verhältnisse großer und schiffbarer Oberflächengewässer in Deutschland

Ina Quick

Mit dem INFORM-Modul Valmorph wurde in den vergangenen Jahren eine Methode zur Erhebung und Bewertung der Hydromorphologie an Bundeswasserstraßen entwickelt (Rosenzweig et al. 2012, Quick et al. 2014). Die Methode wurde von der BfG im Auftrag des BMVI zur Erfassung, Vorhersage und Bewertung hydromorphologischer Veränderungen entwickelt und dient z. B. im Rahmen von UVUen, Sedimentmanagement, Quantifizierung hydromorphologischer Veränderungen, Kopplung zur Biologie/Ökologie, Effizienzkontrollen usw. als Basis für Entscheidungen und Priorisierungen von Maßnahmenoptionen zur Verbesserung der hydromorphologischen Verhältnisse sowie für die Bewirtschaftung (lokal bis flussgebietsweit). Auch sedimentologische und hydromorphologische Ergebnisse für die Planung, Durchführung und Erfolgskontrolle von Bau- und Unterhaltungsmaßnahmen werden bereitgestellt.

Der mit dem Modul Valmorph verfolgte Ansatz der quantitativen Gewässerkunde ermöglicht es, mit der quantitativen Vorgehensweise (Morphometrie) im Gegensatz zu den bisherigen, eher verbal-argumentativen und qualitativen Verfahren (Morphographie) in der Gewässermorphologie die Bearbeitung relevanter Fragestellungen fachwissenschaftlich mit konkreten, quantitativ beleg- und bewertbaren Referenz- und Schwellenwerten zu unterlegen (Bewertungsklassenspannweiten). Die Bearbeitung wird parameterspezifisch durchgeführt und kann sowohl retrospektiv, gegenwärtig als auch prospektiv hydromorphologische Modifizierungen evaluieren.

Die Zuordnung zu den Bewertungsklassen erfolgt in einem 5-stufigen Klassifizierungssystem. Die hydromorphologischen Indikatoren sind repräsentativ gewählt, um z. B. Handlungsempfehlungen auf fachwissenschaftlicher Basis ableiten zu können. Valmorph stellt einen innovativen, referenzbasierten Ansatz zur Beurteilung veränderter Oberflächengewässer dar. Die Methode impliziert die räumliche und zeitliche Entwicklung der Gewässer. Die erlangten Ergebnisse können für kartierte 1 km – Abschnitte über 5 km aggregierte Kartierabschnitte und z. B. Wasserkörper bis hin zum gesamten Gewässerverlauf ausgewertet und visualisiert dargestellt werden. Die Vorgehensweisen sind für verschiedene Gewässertypen und Oberflächengewässerkategorien anwendbar.

Der Ansatz stellt ein Tool dar, das die Wissenschaft mit der Praxis verknüpft. Es handelt sich um ein indikatorbasiertes Verfahren, das z. B. in Absprache mit den Elbe-Gremien und den tschechischen Partnern im Rahmen des Sedimentmanagementkonzeptes für die Elbe der FGG Elbe (2013) und der IKSE (2014) angewendet wurde. Im Rahmen einer hydromorphologischen Risikoanalyse und der Aufstellung von Handlungsempfehlungen wurden Erfolgs- wie Hinderungsfaktoren z. B. für einen ausgeglichenen Sedimenthaushalt als Teil des hydromorphologischen Zustands ausgewiesen (FGG Elbe 2013, IKSE 2014, Heininger et al. 2015). Das Modul dient generell als Mess- und Bewertungsverfahren zur Aufgabenunterstützung an Bundeswasserstraßen (BfG 2011).

Comparison of a simple distributed sediment delivery approach with a process based model in selected sub-basins of the River Inn catchment area

Lucas Reid, Steffen Kittlaus, Ulrike Scherer

For large areas without highly detailed data the empirical Universal Soil Loss Equation (USLE) and its derivatives are widely used to quantify soil loss. The problem though is usually the quantification of actual sediment influx into the rivers. As the USLE provides long-term mean soil loss rates, it is often combined with spatially lumped models to estimate the sediment delivery ratio (SDR). But it gets difficult with spatially lumped approaches in large catchment areas where the geographical properties have a wide variance. In this study we tested a simple but spatially distributed approach (Ferro and Minacapilli, 1995) to quantify the sediment delivery ratio by considering the characteristics of the flow paths in the catchments. The sediment delivery ratio was determined using an empirical approach considering the slope, morphology and land use properties along the flow path as an estimation of travel time of the eroded particles. The model was tested against the process based CATFLOW-SED model (Scherer et al., 2012) and validated with suspended solids measurements in selected sub-basins of the River Inn catchment area in Germany and Austria, ranging from the high alpine south to the pre-Alpine foothills in the northern part.

Bewässerungsatlanten: ein Werkzeug für die Planung effizienterer Bewässerungsanlagen

Issam khaddam, Niels Schütze

Seit dem letzten Jahrhundert werden sowohl fossile als auch erneuerbare Wasserressourcen zum Zwecke der Bewässerung übermäßig und wenig effizient genutzt. Diese Entwicklung führt in vielen ariden und semi-ariden Regionen zu Wasserknappheit und wird sich wegen des anhaltenden Bevölkerungswachstums in Zukunft weiter verschärfen. Eine Verbesserung der Wirksamkeit und Effizienz von Bewässerungsanlagen erfordert für einzelne Bewässerungsverfahren, wie Furchenbewässerung oder Tropfbewässerung, u.a. genaue Kenntnisse des Bodenwasserhaushalts und der Wasserausbreitung auf und im Feld. Für eine effiziente Wasserverteilung ist für die meisten Bewässerungsverfahren die Wahl der geeigneten Intensität und Aufleitungszeit der Wassergabe von großer Bedeutung, insbesondere wenn die Wasserquelle (z.B. bei der Furchenbewässerung) und der Pflanzenwurzelraum räumlich weiter auseinander liegen. Im Rahmen des Projekts SAPHIR (Saxonian Platform for high Performance Irrigation) sind daher für die wichtigsten Bewässerungsverfahren und Hauptbodenarten optimierte Intensitäten und Bewässerungszeiten der Wassergabe als Ergebnisse von zweidimensionalen Simulationsrechnungen mit einem „virtuellen Feld“ in sogenannten „Bewässerungsatlanten für die Bewässerungspraxis“ digital berechnet und online verfügbar gemacht worden. Die Bewässerungsatlanten enthalten Grafiken der zu erwartenden Feuchte- und Saugspannungsverteilung im Pflanzenwurzelraum und geben detaillierte Informationen zur Bodenwasserhaushaltsbilanz für alle simulierten Bewässerungsszenarien. Da bei den meisten Studien, die Schätzungen des Bewässerungswasserbedarfs auf lokaler, regionaler oder globaler Skala berechnen, eine effiziente Wasserverteilung vorausgesetzt wird, können die Bewässerungsatlanten als wertvolle Werkzeug für die Implementierung von geplanten Maßnahmen dienen.

Trockenperiode 2015: Verknüpfung von Trockenheitsindikatoren mit berichteten Auswirkungen durch Trockenheit

Sophie Bachmair, Irene Kohn, Veit Blauhut, Kerstin Stahl

Das Jahr 2015 verdeutlicht erneut die Vulnerabilität Deutschlands gegenüber Trockenheit. Berichte über negative Auswirkungen wie Ernteeinbußen, eingeschränkte Schiffbarkeit der Bundeswasserstraßen und Probleme mit der Trinkwasserversorgung führen die Bedeutung der Naturgefahr Trockenheit auch in unseren Breiten vor Augen. Frühwarnsysteme für Trockenheit stellen ein Werkzeug dar, um rechtzeitig Maßnahmen gegen die Auswirkungen von Trockenheit zu ergreifen. Solche Frühwarnsysteme basieren in der Regel auf Trockenheitsindikatoren wie dem standardisierten Niederschlagsindex oder Abflussperzentilen. Diese Indikatoren lassen jedoch nur indirekt Rückschlüsse auf potentielle Folgen für Ökologie, Gesellschaft und Wirtschaft zu. In der Trockenheitsforschung wurden deshalb in letzter Zeit verstärkt empirische Ansätze zur Verknüpfung von Trockenheitsindikatoren mit Information über Auswirkungen entwickelt. Die Grundlage dafür bilden Informationen über Trockenheitsauswirkungen aus dem „European Drought Impact report Inventory“ (<http://www.geo.uio.no/edc/droughtdb/>). Diese Informationen stammen aus verschiedenen Quellen, z.B. aus wissenschaftlichen Publikationen, Berichten oder den Medien, sind kategorisiert nach Auswirkung auf verschiedene Sektoren und zeitlich und räumlich verortet. Das Auftreten von Trockenheitsauswirkungen kann mit verschiedenen statistischen Modellen berechnet werden, z.B. mittels logistischer Regression oder Verfahren des maschinellen Lernens zur Vorhersage der Wahrscheinlichkeit des Auftretens oder der Anzahl an auftretenden Auswirkungen. Anwendungen solcher Modelle zeigen gute Übereinstimmung von beobachteten und modellierten Trockenheitsauswirkungen für Regionen mit guter Datenlage. Die Trockenheit 2015 mit ihren vielfältigen Auswirkungen ermöglichte nun, die bereits entwickelten Modellierungsansätze mit neuen Daten zu testen und zu vergleichen. Beispielhaft wurden für Baden-Württemberg und Bayern umfangreiche Informationen über das Auftreten von Trockenheitsauswirkungen im Jahr 2015 recherchiert. Diese Studie gibt somit einen ersten Überblick über Trockenheitsauswirkungen 2015 und zeigt Möglichkeiten, deren Auftreten mittels Trockenheitsindikatoren zu modellieren. Erste Ergebnisse belegen die Prognosefähigkeit der eingesetzten empirischen Modelle, insbesondere der standardisierte Niederschlags-Evaporations-Index für eine Akkumulationsperiode von 2-5 Monaten stellte sich als geeigneter Prädiktor heraus. Allerdings gibt es Unterschiede hinsichtlich der sektorenspezifischen Prognosefähigkeit und Eignung der Indikatoren (z.B. Gesamtauswirkungen versus Auswirkungen auf Landwirtschaft oder Binnenschifffahrt). Insgesamt verdeutlicht unsere Studie die Relevanz, Information über Trockenheitsauswirkungen zukünftig zu erheben, in Frühwarnsysteme für Trockenheit zu integrieren und zu archivieren.

Urbane Sturzfluten - Überflutungsvorsorge im ländlichen Raum

André Müller

In den vergangenen Jahrzehnten haben lokale, meist in den Sommermonaten auftretende Starkregenereignisse zu schweren Überflutungen und erheblichen Schäden geführt. Es wird vermutet, dass sich dieser Trend weiter fortsetzt. Für den städtischen Raum wurden mittlerweile erste Strategien zum Umgang mit Starkregenereignissen entwickelt. Für dörfliche Strukturen besteht hier noch Nachholbedarf.

In diesem Beitrag werden beispielhaft an zwei Orten der Nationalparkregion Hunsrück-Hochwald die dem aktuellen Stand der Technik entsprechenden Vorgehensweisen erläutert und Maßnahmen entwickelt, die den schädlichen Folgen solcher Ereignisse entgegen wirken können. Von Starkregen spricht man, wenn bei einem Regenereignis in kurzer Zeit außergewöhnlich große Niederschlagsmengen auftreten. Sie sind meist lokal begrenzt und entstehen als konvektive Niederschläge. Als "Urbane Sturzfluten" bezeichnet man von Starkregen ausgelöste Überschwemmungen eines Siedlungsgebietes. Eine funktionierende Überflutungsvorsorge ist eine kommunale Gemeinschaftsaufgabe, die ein Zusammenwirken aller Beteiligten voraussetzt. Abhängig von der Intensität des Starkregenereignisses rücken so unterschiedliche Schwerpunkte bezüglich des Überflutungsschutzes in den Vordergrund.

Die zentralen Aufgaben eines kommunalen Risikomanagements setzen sich aus mehreren Komponenten zusammen, die nacheinander zu bearbeiten sind:

1. Ermittlung und Einstufung der Überflutungsgefährdung
2. Abschätzung und Bewertung des Schadenspotenzials
3. Risikoermittlung und -bewertung
4. Risikokommunikation
5. Entwicklung und Umsetzung von Maßnahmen

Aus der Ausarbeitung ergeben sich für den ländlichen Raum folgende Analysen und Empfehlungen:

Die Ermittlung der Überflutungsgefährdung zeigt, dass die Ursache der Überflutungsgefährdungen vorrangig veränderte natürliche Gewässerverläufe sind. Sie wurden in der Vergangenheit in Lage und Richtung verändert, begradigt und an Straßen bzw. in Teilen der Siedlungsgebiete verrohrt und überbaut. Die Gefahrenbereiche befinden sich dem entsprechend an diesen Abflusshindernissen. Die Überflutungsgefährdung infolge von Geländesenken ist in den Hangregionen der ländlichen Gebiete von untergeordneter Bedeutung. Sie befinden sich fast ausschließlich entlang der Hauptgewässer und sind dann Ursache von Gefährdungen, wenn sich Wohnbebauungen in der Tallage befinden. Bei der Ermittlung und Klassifizierung der Schadenspotenziale sollten besondere kritische Infrastrukturen gekennzeichnet (Einzelmaßnahmen) und erhöht bewertet werden (z.B. Kindergärten). Die Überflutungsrisiken sollten den Anwohnern übermittelt und die daraus resultierenden Schadensrisiken bewusst gemacht werden. Bei der Planung und Erschließung neuer Baugebiete sollte das Thema Starkregen zwecks Prävention mit berücksichtigt werden. Die natürlichen Gewässerverläufe dürfen in Zukunft nicht weiter nachteilig verändert werden, damit die Vorflut gewährleistet werden kann.

Ableitung allgemein gültiger Modellparameter zur Modellierung der Interzeptionsverdunstung von Waldbeständen mit dem forsthydrologischen Modell LWF-Brook90

Paul Schmidt-Walter, Wendelin Weis, Heike Puhmann, Birte Scheler, Stefan Fleck, Bernd Ahrends, Henning Meesenburg

Die Interzeptionsverdunstung ist neben der Transpiration die bedeutendste Komponente der Gesamtverdunstung von Waldbeständen und bestimmt damit maßgeblich die Tiefensickerung und das Transpirationswasserdargebot. Die Höhe der Interzeptionsverdunstung von Waldbeständen wird vom Zusammenspiel klimatischer Einflussgrößen (Niederschlagsmenge und -intensität, Nebelhäufigkeit und Energieangebot) und bestandesstruktureller Parameter wie dem Bestandestyp, der Bestandeshöhe, der Bestandesdichte, sowie der spezifischen Wasserspeicherkapazität von Regen und Schnee auf Blatt- und Astoberflächen bestimmt. Die Interzeptionsverdunstung von Waldgebieten unterliegt damit einer hohen zeitlichen und räumlichen Variabilität und wird von forstlichen Maßnahmen direkt beeinflusst. Zu ihrer Abschätzung müssen Modelle eingesetzt werden, die die Interaktion der Eingangsgrößen abbilden können, wie das Modell von Rutter et al. (1972), das als ein vereinfachtes Kronenraum-Wasserbilanzmodell in das hydrologische Simulationsmodell LWF-Brook90 implementiert ist. In diesem Modell werden von Belaubung und Astoberflächen abhängige Anteile des Niederschlags den Interzeptionsspeichern zugeführt, deren Kapazitäten wiederum von Belaubung und Astoberflächen abhängig sind und von wo der so interzeptierte Niederschlag wieder verdunsten kann. Mit dem Ziel, die universelle Anwendbarkeit und überregionale Übertragbarkeit des Interzeptionsmoduls von LWF-Brook90 auf Waldbestände unterschiedlicher Bestandesstrukturen und Baumartenzusammensetzungen unter diversen klimatischen Verhältnissen zu ermöglichen, werden anhand wöchentlich bis monatlich gemessener Interzeptionsverdunstungsmengen von 25 Fichten-, 21 Buchen-, 8 Kiefern- und 5 Eichenbeständen an Level II-Standorten in Deutschland die Parameter des Interzeptionsmoduls von LWF-Brook90 (spezifische Interzeptionskapazitäten und Interzeptionsraten) global kalibriert und validiert. Dafür werden für jede Fläche einerseits aus gemessenen Blattflächenindices, andererseits mithilfe von Biomassefunktionen aus Bestandesdaten abgeleitete Zeitreihen der Blatt- und Rindenflächenindices erstellt und mit diesen eine hohe Anzahl Modellläufe unter zufälliger Variation der zu kalibrierenden Modellparameter durchgeführt. Anschließend werden für jede Fläche diejenigen Simulationläufe identifiziert, die anhand objektiver Kriterien (R^2 , Mittlere Abweichung) die gemessenen Interzeptionsverluste am besten wiedergeben können. Die Verteilungen der assoziierten Eingangsparameter werden dann statistisch untersucht, um mögliche Unterschiede zwischen den Baumarten bzw. den Biomassefunktionen zu identifizieren. Über die Unsicherheitsbereiche der Eingangsparameter werden schließlich die Unsicherheiten quantifiziert, mit denen Abschätzungen der Interzeptionsverdunstung durch LWF-Brook90 behaftet sind.

Integration von Ökosystemleistungen im Flussgebiets- und Hochwasserrisiko- management – Potenziale, Methoden und Herausforderungen

Mariele Evers

Das Flussgebiets- und Hochwasserrisikomanagement in Europa und weltweit steht vor großen Herausforderungen. 65 % der globalen aquatischen Lebensräume gelten als mäßig bis hoch bedroht. In der Europäischen Union werden 54% der Gewässerkörper voraussichtlich den guten Zustand erreichen, in Deutschland sind es 18%. Nach Angaben des World Resources Instituts werden sich in den nächsten 15 Jahren die Hochwasserschäden weltweit mehr als verfünffachen. Welche Ansätze gibt es, diesen Problemfeldern zu begegnen? Wie können bestehende Instrumente weiter entwickelt werden? Ein aktuell viel diskutierter Ansatz ist der der Ökosystemleistungen (ÖSL).

Der Beitrag beschreibt die Potenziale des ÖSL-Konzepts für das Flussgebiets- und Hochwasserrisikomanagement. Ausgewählte aktuelle Methoden sowie ebenso Herausforderungen den ÖSL Ansatz tatsächlich praktisch zu integrieren werden beschrieben. Es werden die Instrumente der Wasserrahmenrichtlinie und der Hochwasserrisikomanagement-RL auf die Möglichkeiten der Unterstützung des ÖSL Ansatzes dargestellt und im Kontext aktueller Ansätze diskutiert.

Weiterhin werden in dem Beitrag relevante Methoden zur Identifikation und Quantifizierung von ÖSL dargestellt sowie ein neuer ÖSL basierter Planungsansatz für das integrative Flussgebietsmanagement beschrieben.

Ebenso werden auch die Herausforderungen und Schwierigkeiten des ÖSL Ansatzes diskutiert und anhand von Beispielen illustriert.

Die Bewertung der globalen Wasserqualität – das Potenzial einer daten- und modellgetriebenen Analyse

Ilona Bärlund, Martina Flörke, Joseph Alcamo, Jeanette Völker, Marcus Malsy, Klara Reder, Olaf Büttner, Christiane Katterfeld, Desirée Dietrich, Dietrich Borchardt

Die anhaltende sozioökonomische Entwicklung stellt eine neue Herausforderung für die Wasserqualität weltweit, insbesondere in Entwicklungs- und Schwellenländern, dar. Es ist davon auszugehen, dass aufgrund des Bevölkerungswachstums und des Ausbaus der Wasserversorgung das Abwasseraufkommen stark ansteigen wird. Dies kann zu einem erhöhten Risiko für die Qualität der Oberflächengewässer führen, wenn die hohen Abwassermengen nicht ausreichend gereinigt werden. Diese Entwicklung hat Auswirkungen auf Ökosysteme und die menschliche Gesundheit, sowie die Nahrungssicherheit. Die Mitgliedstaaten der Vereinten Nationen haben Ziele für die nachhaltige Entwicklung verabschiedet. Sie umfassen u.a. die Verbesserung der Hygiene und einen nachhaltigen Schutz der Wasserqualität sowie die nachhaltige Nutzung der Wasserressourcen. Um diese Ziele zu erreichen, beispielsweise durch geeignete Monitoring-Strategien oder der Entwicklung von Indikatoren für die Wasserqualität, ist eine Kooperation zwischen Forschung und Praxis erforderlich, um entsprechend effiziente und praktikable Lösungswege zu entwickeln.

Mit dem DPSIR-Ansatz (Drivers-Pressures-State-Impact-Response) der Europäischen Umweltagentur kann die Vernetzung von Hydrologie, Stoffströmen und ökologischen Konsequenzen auf Einzugsgebietsebene beschrieben werden. Auf dieser konzeptionellen Grundlage wurde im Rahmen der UNEP-Vorstudie zu einem ‚World Water Quality Assessment (WWQA)‘, unter Berücksichtigung der oben genannten Zielsetzungen eine Methode zur Bewertung der Wasserqualität erarbeitet. Ein Novum hierbei war die Vernetzung von modellgestützten und datenbasierten Ergebnissen. Dabei wurden verschiedene Wasserqualitätsparameter ausgewählt, welche die zentralen Probleme, wie erhöhte Abwasserbelastung, Versalzung oder Eutrophierung bestmöglich abbilden können. Die Ergebnisse aus der Vorstudie zeigten unter anderem, dass bereits rund ein Siebtel aller Fließgewässer in Lateinamerika, Afrika und Asien eine hohe organische Verschmutzung aufweisen. Diese ist von zentraler Bedeutung für die Binnenfischerei und der damit verbundenen Ernährungssicherung. Neben diesen Ergebnissen konnte in dem Vorhaben deutlich gemacht werden, dass globale Datenbanken zu Wasserqualität große Lücken aufweisen. Diese müssen zukünftig geschlossen werden, um ein Gesamtbild der globalen Wasserqualität zu erhalten und Maßnahmen zielgerichtet steuern zu können. Die Ableitung und Darstellung der globalen Wasserqualität, ist ein wichtiges Instrument um regionalen und nationalen Akteuren, Umweltbehörden oder Flussgebietsorganisationen eine Ist-Zustandsbeschreibung über die eigenen Einzugsgebietsgrenzen hinweg liefern zu können. Es soll die Ursachen, Folgen und Wirkungen von Wasserverschmutzung beschreiben und dazu auffordern, den Schutz des Wassers noch stärker bei den Verantwortlichen in den Fokus zu rücken.

Simulation des klimawandelbeeinflussten Bodenwasserhaushaltes mit SWAP für Böden der Lysimeterstation Brandis

Axel Sauer

Um die Auswirkungen des projizierten Klimawandels auf den Bodenwasserhaushalt repräsentativer Standorte in Sachsen abzuschätzen, wird das numerische Bodenwasserhaushaltsmodell SWAP angewendet. Gesamtziel ist die Simulation der Bandbreite zukünftig möglicher Änderungen des Bodenwasserhaushaltes auf Basis von 10 alternativen Projektionen des Klimas für den Zeitraum 1961 bis 2100. Die Projektionen des regionalen Downscaling-Ansatzes WEREX V wurden im Rahmen einer Studie des sächsischen Landesamtes für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie durch die Professur für Meteorologie an der Technischen Universität Dresden aus einem Ensemble von 120 hinsichtlich Emissionsszenario, globalem Zirkulationsmodell (GCM), regionalem Zirkulationsmodell und nachgeschaltetem Downscaling differenzierten Projektionen selektiert.

Für die Validierung der Vorgehensweise zur Parametrisierung von SWAP und dessen grundsätzlicher Anwendbarkeit für Projektionen des Bodenwasserhaushaltes werden die Simulationsergebnisse am Beispiel von sechs Böden der Lysimeterstation Brandis mit Messergebnissen überprüft. Verglichen werden Sickerwasserabflüsse an der Lysimeterbasis und reale Evapotranspiration auf unterschiedlichen zeitlichen Skalen von Tageswerten bis zu Jahreswerten. Der Berechnungszeitraum für den Vergleich umfasst die Jahre 1981 bis 2012.

In einem weiteren Schritt erfolgte die Simulation des Bodenwasserhaushaltes mit den Daten der 10 Klimaprojektionen als meteorologischer Antrieb auf Tagesbasis für den Zeitraum 1961 bis 2100. Hierzu wurde die projizierte Zeitreihe der zur Lysimeterstation Brandis nächstgelegenen „synthetischen“ WEREX V-Klimastation Leipzig-Holzhausen verwendet.

Neben der Vorstellung der Simulationsergebnisse für die Vergangenheit und die projizierte Zukunft und der Auswirkungen unterschiedlicher Parametrisierungen wird das Konzept zur Speicherung, Auswertung und Visualisierung der Simulationsergebnisse vorgestellt, da das Datenmanagement im Hinblick auf die Simulation der 10 Projektionen für 140 Jahre auf Tagesbasis und tiefendifferenziert eine zentrale Herausforderung darstellt. Für die geplanten rund 200 Repräsentativstandorte als Kombinationen aus Bodenform, Vegetation/Landnutzung und Klimaraum/-station ist mit circa 600 GB reinen Modellausgangsdaten zu rechnen, deren Speicherplatzbedarf sich im Rahmen einer performanten Datenbanklösung mit Indices noch deutlich erhöht.

Von der Messung und Datenerhebung zum Wissen und Entscheidungshilfe in der Hydrologie

Alexander Lücke

Ein Einzugsgebietsbezogenes Flussgebietsmanagement erfordert ein hohes Maß an Systemkenntnis und –kompetenz. Hierzu müssen die einzelnen Prozesse und Wirkungsketten in ihren Zusammenhängen analysiert und verstanden werden. Die Ressource Wasser ist einerseits wichtiges Lebens- und Wirtschaftsgut, andererseits birgt sie Gefahren und Risiken bei Flusshochwasser und Sturzfluten oder bei Verunreinigung. Durch die vielfältigen Ansprüche an den Lebensraum Gewässer sind komplexere Randbedingungen entstanden, zu denen eine Datenverfügbarkeit kommt, welche die Möglichkeiten zur Beschreibung der Systeme in einer immer tieferen Detailschärfe eröffnet hat. Dadurch entsteht jedoch gleichzeitig ein Anspruch an immer genauere und verlässlichere Ergebnisse, welche die Erwartungshaltung wecken leichter Entscheidungen und Maßnahmen ableiten zu können.

War lange Zeit die WasserMENGENwirtschaft die ausschlaggebende Größe für wasserwirtschaftliche Planungen und Entscheidungen sind es in gleicherweise nun auch Aspekte wie Morphologie, Biologie, Klimaänderungen, Demographie etc. Damit erweitert sich der Bedarf an Wissen und Zusammenhängen und dies in einem sehr weiten interdisziplinären Bereich. Der Wupperverband ist durch die Aufgaben Gewässer zu unterhalten und Anlagen wie z.B. Talsperren zu betreiben tief in diesen Prozessen involviert und hat sogar die gesetzliche Aufgabe wasserwirtschaftliche Grundlagen zu ermitteln. An den beiden unterschiedlichen Beispielen:

1. Bewirtschaftung von Talsperren: Hier handelt es sich hydrologisch eher um ein „behäbiges“ System (von seinen Reaktionszeiten) aber weitreichende Folgen bei Fehlentscheidungen. Daher stehen hier mittel- und langfristige Entscheidungen im Vordergrund.
2. Sturzfluten und Bachhochwasser: Hydrologische Systeme mit geringen Reaktionszeiten und die Lokalisierung des Auftretens schwer zu prognostizieren. Wir möchten in dem Vortrag den Umgang beim Wupperverband mit der Erhebung, Erfassung, Aufarbeitung, Auswertung und Bereitstellung von hydrometeorologischen und hydrologischen Daten und daraus generierten Informationen vorstellen. Hierin soll der Stand der Diskussionen zu Verfügbarkeit in Raum und Zeit, Unschärfen, historischer Einordnung und Vergleichen, Szenarienmanagement, Extrapolation und Prognosen (Klimaprognosen, numerische Wettervorhersagen) und möglicher Vorsorge enthalten sein.

Präzise 3D Positionierung

Frank Hinsche

Die Grundlage einer jeden Modellbildung und Planung in den verschiedenen erdbezogenen Darstellungen und Anwendungen bilden 3D Positionen, die in ihrer Gesamtheit eine Abbildung der Erdoberfläche oder von konkreten Objekten bilden.

Leica Geosystems als langjähriger Hersteller von Vermessungsinstrumenten beschäftigt sich seit jeher mit der Realisierung von 3D Positionen. Hierbei bilden die präzisen Positionen das historische Fundament aller aktuellen Instrumente und Softwarelösungen.

Der Vortrag stellt in einem Überblick die aktuellen technischen Verfahren vor, die die Grundlage einer präzisen 3D Position bilden. Insbesondere werden die Bereiche der genauen GNSS Lösungen für die Landvermessung und die Schiffpositionierung, sowie die neuen Möglichkeiten der terrestrischen elektro-optischen Positionierung vorgestellt. Beide Verfahren ermöglichen die genaue Verfolgung von bewegten Objekten, die an Beispielen dargestellt werden. Hierbei wird auch gezeigt, wie die zukünftigen GNSS Systeme (Galileo, BeiDou) in aktuelle Systeme eingebettet werden und welche Verfahren dazu dienen, z.B. Lücken im Korrekturdatenempfang zu überbrücken.

Neben den klassischen Geodätischen Instrumenten für die Positionierung werden aber auch die neuen Möglichkeiten einer einfachen Handheld Lösung im präzisen Bereich, wie auch die Möglichkeiten über terrestrisches Laserscanning einfach und schnell Oberflächen zu erfassen und zu vergleichen, aufgezeigt.

gapIT: a user-driven case-based reasoning tool for infilling missing values in daily mean river flow records

Laura Giustarini, Olivier Parisot, Mohammad Ghoniem, Renaud Hostache, Ivonne Trebs, Benoît Otjacques

Missing data in river flow records represent a loss of information and a serious drawback in water management. Here, we introduce gapIT, a user-driven case-based reasoning tool for infilling gaps in daily mean river flow records. Given a set of flow time series, gapIT builds a database of artificial gaps for which it computes several flow estimates, to find the best combinations of infilling algorithm and set of automatically selected donor station(s), according to state-of-the-art performance indicators. gapIT was evaluated on 24 daily river discharge time series recorded in Luxembourg over seven years from 01/01/2007 to 31/12/2013. Satisfactory results with Nash-Sutcliffe > 0.7 for more than half of the cases are obtained infilling ~ 5000 synthetic gaps of various lengths and positions, randomly created along the available records. We also discuss the benefits of coupling this approach with user-expertise for a more objective infilling of real data gaps.