

31. Mai – 1. Juni 2022
Leipzig | www.moses-helmholtz.de

Wetterextreme: Perspektiven in Monitoring und Vorhersage



Workshop
für Wissenschaft
& Stakeholder



ABSTRACT-BAND



Wetterextreme: Perspektiven in Monitoring und Vorhersage

31. Mai bis 1. Juni 2022 | Leipziger KUBUS | Workshop für Wissenschaft und Stakeholder

Zeit	Vortrag
31.05.2022 12:00	Begrüßung: Ute Weber, Dietrich Borchardt
	Session 1: Starkniederschlag und Überflutungen Peter Knippertz (KIT), Andreas Güntner (GFZ)
12:10 Uhr	Julia Keller (DWD): SINFONY – die Kombination aus Nowcasting und Numerischer Wettervorhersage bei Starkregen
12:40 Uhr	Markus Weiler (Univ. Freiburg): Starkregen und Sturzfluten – Vorhersage auf verschiedenen zeitlichen und räumlichen Skalen
13:10 Uhr	Erwin Zehe et al. (KIT): Sturzflutvorhersage bei konvektiven Extremen – Hochwasserschutz am Limit oder die Stunde physikalisch basierter Modelle?
13:30 Uhr	Stephan Thober (UFZ): Die Simulation des Ahr Hochwassers im Juli 2021 mittels des mesoskaligen Hydrologischen Modells mHM
13:50 Uhr	Björn Guse et al. (GFZ): Möglichkeiten der Impakt-Vorhersage bei Hochwasser
14:10 Uhr	Stephanie Hänsel et al. (DWD): Mit Radardaten in die nächste Dimension – die flächenhafte Erfassung von Starkniederschlagsereignissen
14:30 Uhr	PAUSE
14:40 Uhr	Andreas Wieser et al. (KIT): Entwicklung und Anwendung eines neuen interdisziplinären Ansatzes zur Untersuchung hydro-meteorologischer Extremereignisse – ein event-orientiertes Kampagnenkonzept
15:00 Uhr	Peter Knippertz et al. (KIT): Swabian MOSES 2021 – Eine Messkampagne zur Untersuchung hydro-meteorologischer Extreme und deren Folgen in Baden-Württemberg
15:20 Uhr	Diskussion Session 1
16:00 Uhr	PAUSE
	Session 2: Hoch- und Niedrigwasser inkl. regionaler Fokus Elbe bis Küste Norbert Kamjunke (UFZ), Philipp Fischer (AWI)
16:30 Uhr	Annegret Thieken (Univ. Potsdam): Herausforderungen für schnelle Schadensabschätzungen und Quantifizierungen von Hochwasserrisiken
17:00 Uhr	Silke Mechernich et al. (BfG): Konzept für ein Messprogramm "Quantitative hydrologische Extremereignisse - Elbe und wichtige Nebenflüsse", zur abgestimmten Erfassung und Auswertung von Abflüssen, Wasserspiegel und Wasser-Land-Grenzen
17:20 Uhr	Clarissa Glaser et al. (Eberhard Karls Universität Tübingen): Zytotoxizität als Proxy für die organische Schadstoffbelastung in Flüssen bei Hochwasser
17:40 Uhr	Ludwig Schenk (BSH): Sturmflutwarnung in der Tide-Elbe
18:00 Uhr	Diskussion Session 2: Hochwasser
Ab 18:30 Uhr	Postersession und Abendveranstaltung m. Grillbuffet

01.06.2022	Session 2: Hoch- und Niedrigwasser inkl. regionaler Fokus Elbe bis Küste Norbert Kamjunke (UFZ), Philipp Fischer (AWI)
9:00 Uhr	Helmut Fischer (BfG): Einfluss von Trockenheit und Hitze auf die Gewässergüte großer Flüsse
9:30 Uhr	Norbert Kamjunke et al. (UFZ): Auswirkungen von Dürre-Ereignissen auf die Wasserqualität in der Elbe
9:50 Uhr	Bastian Klein et al. (BfG): Längerfristige hydrologische Vorhersagen – wichtiger Baustein zur Reduzierung der Vulnerabilität des Wasserstraßen-transports bei Extremereignissen
10:10 Uhr	Abschlussdiskussion Session 2: Hoch- und Niedrigwasser
10:40 Uhr	PAUSE
	Session 3: Hitzewellen und Dürren Corinna Rebmann (UFZ), Nicolas Brüggemann (FZI)
11:00 Uhr	Andreas Marx (UFZ): Reichen biophysikalische Dürre-Indikatoren aus, um gesellschaftlich relevant sein zu können?
11:30 Uhr	Michael Bahn (Univ. Innsbruck): Sommerdürre und die Resilienz von Grasland im globalen Wandel
12:00 Uhr	Rüdiger Grote et al. (KIT): Gemessene und simulierte Einflüsse von Trockenheit auf die Maisentwicklung in NO-Deutschland.
12:20 Uhr	Jacob Zscheischler et al. (UFZ): Niederschlagstrends entscheiden, wie oft Dürren und Hitzewellen gemeinsam auftreten werden
12:40 Uhr	Mittagsbuffet
13:30 Uhr	Martin Schrön (UFZ) et al.: Kontinuierliche Messung und skalen-übergreifende Kartierung von Bodenfeuchte und Schnee mit Sensoren für kosmische Neutronen
13:50 Uhr	Heye Bogena et al. (FZ Jülich): Hydrometeorologisches Monitoring- und Vorhersagesystem als Entscheidungshilfe für die Landwirtschaft
14:10 Uhr	Michael Rode (UFZ) et al.: Entwaldungsbedingte Verschlechterungen der Wasserqualität in Talsperren kennzeichnen die Bedeutung indirekter Auswirkungen des globalen Wandels
14:30 Uhr	Diskussion Session 3
15:10 Uhr	Kooperationen und Synergien: Nächste Schritte
16:00 Uhr	Ende der Veranstaltung

Session 1: Starkniederschlag und Überflutungen

Keynote: SINFONY - die Kombination aus Nowcasting und Numerischer Wettersvorhersage auf der konvektiven Skala am DWD

Ulrich Blahak, [Julia Keller](#) und das SINFONY-Team*

Deutscher Wetterdienst

Das neue Seamless INtegrated FOrecastiNg sYstem (SINFONY) des DWD wird innerhalb der nächsten 2-3 Jahre das Licht der Welt erblicken, nach 4 Jahren intensiver Forschungs- und Entwicklungsarbeiten. Der Fokus liegt zunächst auf einer Verbesserung der Niederschlagsvorhersage für sommerliche konvektive Starkregenereignisse auf der Kurzestfristskala (0 - 12 Stunden), welche noch immer ein großes Problem im Vorhersage- und Warndienst darstellen.

Es gibt verschiedene "optimale" Vorhersagemethoden für verschiedene Vorhersage-Zeitbereiche und verschiedene Wetterphänomene. Für Niederschlag und konvektive Ereignisse bis zu einigen Stunden gilt: simple advektionsbasierte Extrapolationstechniken wie z.B. Radar-Nowcasting zeigen guten Skill bis zu etwa 2 h (natürlich situationsabhängig), während die Numerische Wettersvorhersage (NWV) erst danach besser wird.

Ensembleansätze für Nowcasting sowie NWV ermöglichen, die Vorhersageunsicherheiten abzuschätzen. "Optimal" kombinierte Niederschlagsvorhersagen als Funktion der Vorhersagezeit aus Nowcasting (dominiert am Anfang) und NWV (dominiert am Ende) bilden dann bruchfreie ("seamless") Vorhersagen.

Mehrere interdisziplinäre Projektteams arbeiten eng zusammen bei der Entwicklung von

- a) Radarbasierten Nowcasting Ensembles für Niederschlag, Radar-Reflektivität und konvektive Zell-Objekte
- b) Einem zusätzlichen hochaufgelöstes ICON-Ensemble-Modell mit Assimilation hochaufgelöster, teils noch nicht genutzter Fernerkundungsdaten, angepasster Modellphysik und stündlich neuen Vorhersagen in einem "Rapid Update Cycle" (SINFONY-RUC-EPS) zur verbesserten Vorhersage konvektiver Wolken
- c) Optimaler Kombination aus Nowcasting und NWV Ensemblevorhersagen im Beobachtungsraum (Niederschlag, Reflektivität, Zell-Objekte)
- d) Systemen zur vergleichenden Verifikation von Nowcasting und NWV in diesem Beobachtungsraum. Insbesondere die Verifikation von Zell-Objekten wird uns ganz neue Einsichten in die Repräsentation von Eigenschaften konvektiver Zellen in unseren NWV-Modellen geben.

Ensembles von synthetischen, aus dem Modell abgeleiteten Radar-Komposits und vorhergesagten Tracks konvektiver Zell-Objekte werden mit derselben Software und denselben Algorithmen produziert, so wie sie auch auf die Beobachtungen angewandt werden. Dies ermöglicht die bruchfreie Kombination von Zell-Objekten aus Nowcasting und NWV, und bildet die Grundlage dafür, den DWD-Warnprozess vor konvektiven Ereignissen hin zu einem flexiblen "Warn-on-objects" weiterzuentwickeln.

Kombinierte Ensembles aus Niederschlags- und Reflektivitäts-Komposits sind auch für die Hochwasservorhersage interessant. Nutzende aus der Hochwasservorhersage werden aktiv in den Entwicklungsprozess neuer Vorhersageprodukte eingebunden, die die Anforderungen der Nutzer bedienen.

Der Vortrag gibt einen Überblick über das Konzept und den aktuellen Entwicklungsstand des SINFONY sowie über die derzeitigen Pläne hin zu einer operationellen Einführung in den nächsten Jahren.

Keynote: Starkregen und Sturzfluten – Vorhersage auf verschiedenen zeitlichen und räumlichen Skalen

Markus Weiler

Universität Freiburg

Im Kontext des Klimawandels und der prognostizierten Intensivierung des Wasserkreislaufs wird mit einer Intensivierung von Starkregen und Sturzfluten gerechnet. Gleichzeitig führt der steigende Druck auf die Flächennutzung, die fortschreitende Urbanisierung und die begrenzte Schutzstrategie zur wachsenden Gefährdung durch Überschwemmung, verbunden mit einem meist noch geringem Risikobewusstsein. Die Hälfte der Überschwemmungsschäden in Deutschland – mit steigender Tendenz – sind auf Starkregen zurückzuführen. Als Kombination von Niederschlagsintensität/-dauer des Ereignisses, den Vorbedingungen (z.B. Bodenfeuchte, Vegetationsbedeckung) und den lokalen Gegebenheiten tritt eine Sturzflut erst ab einem gewissen Schwellwert auf und kann nahezu überall, auch fernab von Gewässern auftreten. Dies limitiert die Übertragbarkeit von Gefährdungs- und Risikokarten und erschwert deren Vorhersage, da es nicht ausreicht, nur den Starkregen vorherzusagen.

Die besondere Herausforderung besteht darin, dass nicht jeder Starkregen zwangsläufig zu einer Sturzflut mit Überschwemmung führt und eine Sturzflut auch folgenlos bleiben kann. Wird jedoch eine Sturzflut ausgelöst, dann ist die Vorwarnzeit und dementsprechend die Reaktionszeit kurz. Auch muss unterschieden werden, ob ein Starkregen weitgehend über urbanem Gebiet auftritt, und es aufgrund geringer Infiltration durch Versiegelung zusätzlich auch zu einer Überlastung des Kanalnetzes kommt. Im Gegensatz dazu stehen Sturzfluten aus Außengebieten (in Gemeinden entwässernde Einzugsgebiete). Eine solche kombinierte direkte Gefährdung (Starkregen in der Gemeinde) und indirekte Gefährdung (Sturzfluten aus Außengebieten) liegt immer häufiger vor. Hier spielen die hydrologischen und hydraulischen Prozesse, die auf verschiedenen zeitlichen und räumlichen Skalen agieren, eine entscheidende Rolle.

Meist stehen jedoch zur Erfassung solcher Extremereignisse nur unzureichend Messdaten von Niederschlagsstationen oder Pegeln zur Verfügung. Extremwertstatistische Analysen können somit für solch seltene Ereignisse nicht durchgeführt und Niederschlags-Abflussmodelle (NA-Modelle) für diese Ereignisse nicht kalibriert werden. Dies sorgt für zusätzliche Herausforderungen bei der hydrologischen und hydraulischen Modellierung und erschwert eine präzise Beschreibung und Vorhersage solcher Ereignisse. Ein gutes Prozess- und Systemverständnis von Sturzfluten bildet die Grundlage für eine Vorhersage und ist Voraussetzung für eine verlässliche Gefahrenanalyse.

Der Vortrag gibt einen Überblick über relevante Prozesse und deren Modellierungsansätze, über verschiedenen Möglichkeiten Vorbedingungen abzuschätzen, quantitative Radar- und Stationsdaten zielführend zu nutzen, einer direkten Verknüpfung der Vorhersage mit der Bemessung (e.g. Starkregen und Sturzflutindex) und der Einordnung von vergangenen Ereignissen.

Sturzflutvorhersage bei konvektiven Extremen – Hochwasserschutz am Limit oder die Stunde physikalisch basierter Modelle?

Erwin Zehe, Franziska Villinger, Ralf Loritz

Karlsruher Institut für Technologie, Institut für Wasser und Gewässerentwicklung

Starkregen und Sturzfluten gehören zu den bedrohlichsten Naturgefahren. Allein in Baden-Württemberg kam es seit 2005 zu 22 kleinräumigen Sturzfluten mit verheerenden Schäden, acht dieser Ereignisse kumulierten im Sommer 2016. Sturzfluten in ländlichen Gebieten entstehen oft durch eine heftige und schnelle Bildung von Oberflächenabfluss durch Infiltrationsüberschuss, der hangabwärts über einen teilgesättigten Boden dem Gewässer zuströmt, z.T. reinfiltiert oder zu Überflutungen führt. Dabei mobilisiertes Bodenfeinmaterial kann die Abflussbildung durch Verschlämmung weiter verschärfen. Da der Klimawandel sehr wahrscheinlich zu einer Häufung solcher Extreme führt, stehen die wasserwirtschaftliche Praxis vor enormen Herausforderungen. Diese umfassen explizit auch die Bemessung von Hochwasserrückhaltebecken in kleinen, ländlichen Einzugsgebieten.

Die Hochwasserbemessungspraxis beruht auf den KOSTRA-Niederschlagssummen und Simulationen einzelner Hochwasserereignisse, mit stark vereinfachten, ereignisbasierten Niederschlag-Abfluss-Modellen. Physikalische basierte hydrologische Modelle erlauben eine zeitkontinuierliche, gekoppelte Modellierung von Abflussbildung und Hydraulik und bergen somit den Schlüssel für eine prozessadäquate Simulation von Oberflächenabflussbildung und dessen optionale Wiederversickerung während des Abströmens entlang der Hänge ins Gewässer bei Starkregen. Die vorliegende Studie belegt diese These durch Simulation historischer Sturzfluten im Kraichgau. Wir zeigen, dass der Wasserhaushalt des Weiherbachs im westlichen Kraichgau und das größte beobachtete Hochwasser am 27.06.1994 durch das vollverteilte, physikalisch basierte Modell CATFLOW mit hoher Güte simuliert werden kann. Wir zeigen ferner, dass eine Simulation auf Basis von wenigen repräsentativen Hängen dieses HQ 10000 bei deutlich geringerer Rechenzeit ebenso gut trifft. Wir beleuchten exemplarisch die Sensitivitäten der Sturzflut für Veränderungen der Landnutzung, des Niederschlags und der Bodendurchlässigkeit durch Makroporen und diskutieren die daraus erwachsenden Möglichkeiten für einen integrierten Hochwasserschutz. Wir belegen abschließend die Übertragbarkeit des repräsentativen Hangmodells (inklusive aller Parameter aus dem Weiherbach) auf das Einzugsgebiet des Krebsbachs im östlichen Kraichgau. Hierbei liegt der Fokus auf dem Hochwasserereignis vom 08.06.2016, bei dem ein Hochwasserrückhaltebecken in bei einem 10 jährlichen Gewitter in Vollstau ging.

Die Simulation des des Ahr Hochwassers im Juli 2021 mittels des mesoskaligen Hydrologischen Models mHM

Stephan Thober

Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ

Innerhalb einer Studie am UFZ haben wir das Sommerhochwasser 2021 im Einzugsgebiet der Ahr in Westdeutschland untersucht. Die Wiederkehrperiode dieses Ereignisses wird vorläufig auf 1 in mehr als 500 Jahren geschätzt. Eine kürzlich durchgeführte Studie hat gezeigt, dass eine Vorhersage des Ereignisses mit Hilfe von wissenschaftlichen Werkzeugen möglich war. Dennoch müssen noch einige wissenschaftliche und administrative Herausforderungen angegangen werden, um bestehende Hochwasservorhersagesysteme zur Unterstützung lokaler Behörden bei der Bewältigung solcher Extremereignisse zu verbessern. Wir identifizieren einige Beispiele dafür, welche wissenschaftlichen und technologischen Lücken geschlossen werden müssen, um diese Probleme anzugehen. Insbesondere haben wir die Unsicherheiten im Zusammenhang mit tagesaktuellen Niederschlagsprodukten mit stündlicher und täglicher Auflösung des Deutschen Wetterdienstes (DWD) untersucht. Die hydrologische Reaktion des Einzugsgebiets wird anhand mehrerer hochauflösender gerasterter Niederschlagsbeobachtungen und Reanalysedaten für die nachträgliche Bewertung des Ereignisses quantifiziert. Zu diesem Zweck wurde das mesoskalige Hydrologische Modell (mHM - mhm-ufz.org) um eine neue Funktion zum Einlesen stündlicher meteorologischer Eingabedaten erweitert, um es mit einem Niederschlagsdatensatz (RADOLAN-mHM) anzutreiben, der das Radolan Produkt des DWD an Stundenmesswerte von Niederschlagsmessstationen anpasst. Der Vergleich der Hochwasserspitzen von RADOLAN-mHM mit REGNIE-mHM in täglichen Zeitschritten lieferte wertvolle Erkenntnisse zur weiteren Entwicklung von echtzeitnahen und hochauflösenden Sturzflutanalyse- und -vorhersageanwendungen für Deutschland. Zu guter Letzt wurde die Variabilität der maximalen Abflussmenge im Einzugsgebiet der Ahr für zukünftige Perioden unter dem Klimawandel bewertet, um zu prüfen, ob solche Mega-Hochwasser als neue Norm betrachtet werden müssen.

Möglichkeiten der Impakt-Vorhersage bei Hochwasser

Björn Guse, Heiko Apel, Sergiy Vorogushyn, Heidi Kreibich, Bruno Merz

Helmholz-Zentrum Potsdam (GFZ)

Frühwarnsysteme liefern Vorhersagen des Ausmaßes, des Ortes und des Zeitpunkts potenzieller Extremereignisse. Allerdings geben sie nur selten Informationen über die zu erwartenden Auswirkungen. Die operationellen hydrologischen Vorhersagen liefern beispielsweise Abflüsse und Wasserstände an Vorhersagepegeln und geben keine Informationen über die betroffenen Gebiete und mögliche Schäden.

In den letzten Jahren findet allerdings das Thema Impakt-Vorhersage eine stärkere Aufmerksamkeit. Hierbei werden Impakt-Modelle an bestehenden Vorhersagemodelle gekoppelt, um umfangreichere Informationen, z. B. das erwartete Ausmaß der materiellen Schäden, der menschlichen Folgen oder über Unterbrechungen von Infrastruktur, für das Katastrophenmanagement bereitzustellen.

Am Beispiel des Hochwasser 2021 im Ahrtal zeigen wir, dass ein einfaches hydrodynamisches Modell, das mit leicht verfügbaren Daten arbeitet, in der Lage ist, hochgradig lokalisierte Informationen über das erwartete Hochwasserausmaß und mögliche Auswirkungen zu liefern. Die benötigten Simulationszeiten sind so gering, dass solche Modelle eine operationelle Hochwasserwarnung ermöglichen.

Mit Radardaten in die nächste Dimension – die flächenhafte Erfassung von Starkniederschlagsereignissen

Stephanie Hänsel, Katharina Lengfeld, Ewelina Walawender, Elmar Weigl, Tabea Wilke, Tanja Winterrath

Deutscher Wetterdienst

Mit dem Klimawandel ist in Europa eine steigende Anzahl von extremen Niederschlagsereignissen zu erwarten. Solche Ereignisse beeinflussen unser Leben und unsere Infrastruktur; nicht selten gehen sie mit großen Schäden einher oder fordern im schlimmsten Fall sogar Menschenleben. Die Ereignisse im Juli 2021 haben gezeigt, wie verwundbar wir bei solchen Wetterextremen nach wie vor sind. Die Kenntnis von Struktur und Eigenschaften vergangener Starkniederschläge und deren Impact hilft uns zukünftig besser auf solche Ereignisse vorbereitet zu sein.

Niederschlagsereignisse von kurzer Andauer treten häufig lokal begrenzt auf. Analysen des Deutschen Wetterdienstes (DWD) haben gezeigt, dass weniger als ein Fünftel der Ereignisse mit einer charakteristischen Dauerstufe von einer Stunde, die seit 2001 in Deutschland aufgetreten sind, vom Stationsmessnetz des DWD erfasst wurden. Dieses Ergebnis macht deutlich, wie wichtig die flächenhafte Erfassung der Niederschläge für eine belastbare Analyse der Starkregenhäufigkeit ist. Der DWD betreibt ein deutschlandweites Radarmessnetz, dessen Messungen seit 2001 fast die gesamte Fläche des Bundesgebiets abdecken. Daraus resultiert eine räumlich und zeitlich hochaufgelösten Niederschlagsklimatologie (RADKLIM, www.dwd.de/radklm), die es ermöglicht (Stark-)Regenereignisse nicht nur über ihre Intensität und Dauer an einem Ort, sondern flächendeckend auch über ihre räumliche Ausbreitung und Extremität zu charakterisieren. Mit Hilfe einer objektbasierten Analyse wurde eine Ereignisdatenbank (CatRaRE: Catalogue of Radar-based heavy Rainfall Events, www.dwd.de/catrare) erstellt. Neben zahlreichen Parametern zur Charakterisierung der Ereignisse enthält der Katalog weitere meteorologische, geografische und demografische Attribute, die wichtige Hintergrundinformation liefern.

Der Vortrag gibt einen Überblick zur statistischen Häufigkeit von Starkregen in Deutschland. Darüber hinaus werden der Ereigniskatalog CatRaRE und daraus resultierende Analysen von Starkregenereignissen vorgestellt, sowie Möglichkeiten aufgezeigt, wie das gewonnene Wissen zur Bewertung von aktuellen und zukünftigen Niederschlagsereignissen eingesetzt werden könnte.

Session 1: Starkniederschlag und Überflutungen

**Entwicklung und Anwendung eines neuen interdisziplinären Ansatzes zur
Untersuchung hydro-meteorologischer Extremereignisse – ein event-
orientiertes Kampagnenkonzepts**

Andreas Wieser et al.

Karlsruhe Institut für Technologie (KIT)

Swabian MOSES 2021 -- Eine Messkampagne zur Untersuchung hydro-meteorologischer Extreme und deren Folgen in Baden-Württemberg

Jannik Wilhelm¹, Andreas Behrendt², Peter Dietrich³, Beate Escher⁴, Thomas Feuerle⁵, Philipp Gasch¹, Clarissa Glaser⁶, Irena Hajsek^{7,8}, Jan Handwerker¹, Frank Hase⁹, Ralf Kiese¹⁰, Dina Khordakova¹¹, Peter Knippertz¹, Martin Kohler¹, Michael Kunz¹, Matthias Mauder^{10,12}, Ottmar Möhler¹³, René Reitter¹⁴, Andreas Rettenmeier, Michael Rode¹⁵, Christian Rolf, ¹¹ Harald Saathoff¹³, Claudia Schütze¹⁶, Stephanie Spahr^{6,17}, Florian Späth², Ute Weber¹⁶, Andreas Wieser¹

¹Institut für Meteorologie und Klimaforschung, Karlsruher Institut für Technologie; ² Institut für Physik und Meteorologie, Universität Hohenheim; ³Dept. Monitoring und Erkundungstechnologien, Helmholtz Zentrum für Umweltforschung (UFZ); ⁴ Dept. Zelltoxikologie, Helmholtz Zentrum für Umweltforschung (UFZ); ⁵Institut für Flugführung, Technische Universität Braunschweig ⁶ Zentrum für Angewandte Geowissenschaften, Eberhard Karls Universität Tübingen; ⁷ Institut für Hochfrequenztechnik und Radarsysteme, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR); ⁸ Institut für Umweltingenieurwissenschaften, ETH Zürich; ⁹ Institut für Meteorologie und Klimaforschung, Department Atmosphärische Spurengase und Fernerkundung (IMK-ASF), KIT Karlsruhe ¹⁰ Institut für Meteorologie und Klimaforschung, Department Atmosphärische Umweltforschung (IMK-IFU), KIT, Garmisch-Partenkirchen; ¹¹ Institut für Energie- und Klimaforschung (IEK-7), Forschungszentrum Jülich; ¹² Institut für Hydrologie und Meteorologie, Technische Universität Dresden; ¹³ Institut für Meteorologie und Klimaforschung, Department Atmosphärische Aerosolforschung (IMK-AAF), KIT, Karlsruhe; ¹⁴ Referat Messtechnik – T122, Deutscher Wetterdienst; ¹⁵ Department Aquatische Ökosystemanalyse und Management, UFZ, Magdeburg; ¹⁶ Department Hydrosystemmodellierung, UFZ, Leipzig; ¹⁷ Abteilung Ökohydrologie und Biogeochemie, Leibniz-Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei (IGB)

Swabian MOSES 2021 ist eine hydro-meteorologische Messkampagne, die zwischen Mai und Oktober 2021 im Neckartal und auf der Schwäbischen Alb im Südwesten Deutschlands im Verbund von zehn deutschen wissenschaftlichen Einrichtungen und unter Beteiligung von über 30 Forschenden durchgeführt wurde. Im Fokus von Swabian MOSES 2021 stehen Starkniederschläge durch hochreichende Konvektion (Gewitter).

Mehrere heftige Unwetterereignisse, aber auch sogenannte "non cases", bei denen trotz guter Bedingungen keine Gewitter entstanden, lieferten einen umfangreichen Datensatz. Mit diesem lässt sich die gesamte Ereigniskette abbilden: von der Entstehung hochreichender Konvektion über die Intensivierung und den Zerfall der Gewittersysteme, die Dynamik der damit verbundenen Begleiterscheinungen (z.B. Starkregen, Hagel, Windböen) bis hin zu Abflüssen und Schadstoffeinträgen in Fließgewässer sowie zum Wasserdampftransport in die untere Stratosphäre.

Swabian MOSES 2021 ist Teil von MOSES (Modular Observation Solutions for Earth Systems), einem Beobachtungssystem, das von der Helmholtz-Gemeinschaft entwickelt wird. Insgesamt wurden an über 20 Standorten im Untersuchungsgebiet in situ und Fernerkundungssysteme wie z.B. Regen- und Wolkenradar, Aerosolmessgeräte, Wasserprobenahmesysteme, ein Infraschallsensor, Energiebilanz- und Eddy-Kovarianz-Stationen, Wolkenkameras, eine Station für Ballonsondierungen sowie Netzwerke aus Windlidaren, Niederschlags-, Hagel- und Bodenfeuchtesensoren betrieben. Zum Messkonzept gehörten zudem Forschungsflugzeuge, ein Rover zur Messung der Bodenfeuchte mittels Neutronensensoren und Schwarmsonden, die "Gewitterjäger" im Vorfeld von Gewittern startete.

Präsentiert werden zum einen das Konzept des interdisziplinären Forschungsprojekts und die abgestimmten Messstrategien der verschiedenen Gruppen. Zum anderen wird ein Überblick über die zugrundeliegenden wissenschaftlichen Fragestellungen und Ziele gegeben und diese anhand erster Messergebnisse veranschaulicht. Dazu gehören u.a. die Rolle der topografischen Strömungsveränderung auf die Gewitterauslösung sowie der Einfluss von Aerosolpartikeln auf die atmosphärische Stabilität und die Entstehung konvektiver Zellen. Weiterhin erlaubt das dichte Messnetz die Untersuchung der Inhomogenität von Starkregen, Hagel und Bodenfeuchte bei konvektiven Ereignissen. Zum Abschluss wird ein Ausblick auf die geplante Folgekampagne im Jahr 2023 gegeben, an der weitere Forschungspartner teilnehmen können.

Session 2: Hoch- und Niedrigwasser inkl. regionaler Fokus Elbe bis Küste

Keynote: Herausforderungen für schnelle Schadensabschätzungen und Quantifizierungen von Hochwasserrisiken

Annegret Thieken

Universität Potsdam

Konzept für ein Messprogramm "Quantitative hydrologische Extremereignisse - Elbe und wichtige Nebenflüsse", zur abgestimmten Erfassung und Auswertung von Abflüssen, Wasserspiegel und Wasser-Land-Grenzen

Silke Mechernich, Robert Weiß, Marcus Hatz, Jörg Uwe Belz

Bundesanstalt für Gewässerkunde

Im Fall großräumiger hydrologischer Extremereignisse (sowohl Hoch- als auch Niedrigwasser) sind Vorbereitungen erforderlich, um den jeweiligen Ereignisverlauf zu erfassen und im Nachgang nachvollziehen zu können. Dazu wird eine Fülle quantitativer Daten benötigt, wie z.B. Lagekarten, Wasserstände, Abflüsse und Wasserspiegelhöhe. Um alle relevanten Anforderungen eines Monitorings zu berücksichtigen, sind umfassende organisatorische Vorbereitungen und Abstimmungen notwendig.

Im Rahmen des Nationalen Hochwasserschutzprogramms (NHWSP) wurde deshalb auf Bund-Länder-Ebene die Konzeptionierung eines „Quantitativen Messprogramms Extreme Elbe“ initiiert¹. Hauptziel des Messprogramms ist die abgestimmte Festlegung verlässlicher Handlungsabläufe, denen im Ereignisfall möglichst alle beteiligten Behörden des Bundes (v.a. WSV, BfG) und der Länder (v.a. Wasserwirtschaft) folgen. Hierzu gilt es zu klären:

- Verantwortlichkeiten zur Daten- und Produkterstellung,
- Produktarten inkl. Qualitätsbeschreibung,
- Produktbereitstellung,
- Finanzierung,
- Warn- und Auslösestufen,
- Bearbeitungstrecken bzw. -Gebieten.

Diese Punkte werden in naher Zukunft für die Themen Abflussmessungen, Wasserspiegelfixierung und Wasser-Land-Grenzen Bestimmungen abgestimmt und Vergaben werden vorbereitet. Abflussmessungen sind an abgestimmten Lokalitäten durch ortskundiges, qualifiziertes Personal und mit geeigneter Messmethodik durchzuführen. Die Höhe des Wasserspiegels sollte linear auf dem Gewässer erfasst werden (Wasserspiegelfixierung) wozu der Einsatz bemannter Messsysteme vorbereitet wird. Der Fokus dieses Beitrages liegt auf den Planungen einer flächenhaften Datenerfassung. Dazu sollen Bildflüge zum Zeitpunkt des Hochwasserscheitels bzw. Niedrigstwasserstandes erfolgen um 3D-Wasser-Land-Grenzen samt Genauigkeitsaussagen abzuleiten. Für ein Monitoring im Hochwasserfall sind neben Befliegungen auch Satellitendatenauswertungen des Copernicus-Notfallkartierdienstes (CEMS) eingeplant.

Ziel ist es zum optimalen Zeitpunkt qualitativ hochwertige Daten im erforderlichen Umfang auf wirtschaftliche Weise zu erfassen. Dabei werden Ressourcen gebündelt sowie Redundanzen und Reibungsverluste durch Abstimmungsprobleme vermieden.

¹Mechernich & Weiß, 2022. Fernerkundungs-Aktivitäten zu großräumigen hydrologischen Extremereignissen im Kontext des Nationalen Hochwasserschutzprogramms (NHWSP). Dreiländertagung DGPF-OVG-SGPF, Publ. der DGPF, Band 30, 160-172.

Cytotoxicity as a proxy for particle-associated and dissolved organic contaminant loads in rivers during high discharge events

Clarissa Glaser¹, Michelle Engelhardt¹, Beate I. Escher^{1,2}, Andrea Gärtner², Martin Krauss², Maria König², Rita Schlichting², Christiane Zarfl¹, Stephanie Spahr^{1,3}

¹ Eberhard Karls University of Tübingen; ² Helmholtz Centre for Environmental Research (UFZ); ³ Leibniz Institute of Freshwater Ecology and Inland Fisheries (IGB)

Storm events lead to a mobilization of particulate matter, dissolved and particle-associated organic pollutants that pose a risk to river ecosystems. Target screening can hardly capture the broad range of compounds present in stormwater and receiving streams. Thus, an additional monitoring proxy that describes the overall chemical load in surface water during storm events is needed. Each chemical in a mixture contributes, albeit with different potency, to cytotoxicity measured by reduction of cell viability after 24h in four human cell lines. Thus, the aim of this study was to investigate the applicability of cytotoxicity as a proxy for the organic contaminant load of rivers during storm events. Field investigations took place in the Ammer River (annual average discharge 0.87 m³ /s) close to Tübingen, Germany, during intense precipitation events in June 2021. The sampling site was located at the outlet of the gauged catchment (134 km²), thus, integrating inflowing water from all upstream tributaries and sewer overflows. During storm events, high-resolution temporal monitoring of discharge, suspended particles, particle characteristics, as well as dissolved and particle-associated organic contaminants was conducted using both chemical analyses and cell-based in vitro bioassays. The cytotoxicity in the water phase (expressed as toxic units, TU), was similar among the cell lines and constant over the course of the event. TU flux (discharge x TU) followed the course of the high discharge event with highest values at the maximum of the discharge peak. This finding suggests that the chemical load is controlled by the transported volume of water despite the fact that different contaminant sources are likely to contribute to the water flux and pollutant load in the river at different time points of the high discharge event. For the particle-associated cytotoxicity, TU values are constant over the course of the events suggesting that the particle-associated cytotoxicity in the river is, similar to the water cytotoxicity, controlled by the particle load in the river. This highlights that the cytotoxicity is a suitable proxy to detect mixtures of organic compounds and, thus, assess the chemical load in rivers during storm events.

Sturmflutwarnung in der Tideelbe

Ludwig Schenk

Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie

Als Sturmfluten an der deutschen Nordseeküste gelten Tidehochwasser, die einen Scheitel von 1,5 m oder mehr über dem mittleren Hochwasser (MHW) erreichen. Schwere und sehr schwere Sturmfluten erreichen oder überschreiten 2,5 bzw. 3,5 m über MHW. Sturmfluten werden in der Tideelbe durch westliche Winde (ab ca. 7 bis 8 Bft.) in der Deutschen Bucht ausgelöst. Am Pegel Hamburg, St. Pauli kommt es im langjährigen Mittel zu 5 bis 6 Sturmfluten im Jahr; seltener zu schweren (2 in 3 Jahren) und sehr schweren Sturmfluten (alle 5 Jahre). Der Eintrittszeitraum beschränkt sich im Wesentlichen auf das Winterhalbjahr.

Im Sinne des Seeaufgabengesetz übernimmt das Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH) die Warnung vor Sturmfluten entlang der Ost- und Nordseeküste und den tidebeeinflussten Flussabschnitten von Ems, Weser, Jade und Elbe. Die Warnung vor einer Sturmflut erfolgt auf teils sehr unterschiedlichen Wegen. Seit vielen Jahrzehnten werden Warnungen via Rundfunk verbreitet. In Hamburg gibt es Böllerschüsse die durch die Polizei ausgelöst werden. In den letzten Jahren etablierte sich die Verbreitung über die Homepage des BSH und einen individualisierbaren Telefonverteiler. Seit der Sturmflutsaison 2021/22 werden Warnungen über das Modulare Warnsystem (MoWaS) des Bundesamtes für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK) in Warn-Apps wie NINA eingespeist und erreichen damit unmittelbar betroffene Bürger.

Nicht nur die Möglichkeiten neuer Medien macht die Weiterentwicklung von Warnstrategien nötig. Sturmflutvorhersagen finden vor dem Hintergrund des Anstieges des mittleren Meeresspiegels und des damit verbundenen Anstiegs des MHW statt. Der Scheitel der sehr schweren Sturmflut im Februar 1962 erreichte einen Wert von 4,03 über MHW. Das ist rund 4 dm höher im Vergleich zu einer sehr schweren Sturmflut genau 60 Jahre später im Februar 2022 die mit 3,75 ü MHW eintrat. Der anthropogene Einfluss wird deutlich, vergleicht man die Scheitel bezogen auf NHN. 1962 trat der Scheitel 5,70 m über NHN und 2022 rund 2 dm höher mit 5,88 m über MHW ein. Weitere Anthropogene Eingriffe in die Tideelbe wie Sperrwerksbetrieb, Eindeichung oder Elbvertiefungen verändern den Tidenhub und die Dauer in denen eine Sturmflut von Cuxhaven nach Hamburg „rollt“. Benötigte der Sturmflutscheitel im Jahr 1962 von Cuxhaven bis Hamburg noch 4,5 h, waren es 60 Jahre später im Februar 2022 unter 3 h.

Session 2: Hoch- und Niedrigwasser inkl. regionaler Fokus Elbe bis Küste

Keynote: Einfluss von Trockenheit und Hitze auf die Gewässergüte großer Flüsse

Helmut Fischer

Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG):

Auswirkungen von Dürre-Ereignissen auf die Wasserqualität in der Elbe

Norbert Kamjunge¹, Liza-Marie Beckers, Peter Herzsprung¹, Wolf von Tümpling¹, Oliver Lechtenfeld¹, Jörg Tittel¹, Götz Flöser², Holger Brix², Ingeborg Bussmann³, Claudia Schütze¹, Dietrich Borchardt¹, Markus Weitere¹

¹ Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ; ² Helmholtz-Zentrum Hereon GmbH; ³ Alfred-Wegener-Institut, Helmholtz-Zentrum für Polar- und Meeresforschung

Niedrige Wasserstände führen in Flüssen zu hohen Wassertemperaturen, einer starken Durchlichtung, einer längeren Fließzeit, und einer geringeren Verdünnung von Einleitungen. Wir untersuchten das Wachstum von Algen, den Abbau organischer Verbindungen und die Konzentration von Mikroschadstoffen in einer Fließzeit-konformen Längsprobenahme einer 600 km langen Strecke der Elbe bei historischem Niedrigwasser. Die Biomasse von Mikroalgen nahm vom Oberlauf zum Unterlauf zu, und die Aufnahme von gelösten Nährstoffen führten zu einer Abnahme von Nitrat und Phosphat im Wasser. Die Anzahl an Bakterien stieg stromab an, und organische Verbindungen wurden oxidiert. Die Konzentration von Mikroschadstoffen stieg vom mittleren zum unteren Teil an, aber die errechnete Toxizität für Algen wirkte sich nicht negativ auf die Algenbiomasse aus. Insgesamt stiegen autotrophe und heterotrophe Prozesse und die Schadstoffkonzentration flussabwärts an, aber ihre Größenordnung war nicht verschieden von Bedingungen bei mittlerem Abfluss. In der Tide-Elbe jedoch starben die Algen ab und führten zu einer Freisetzung gelöster Nährstoffe und zu einem Minimum der Sauerstoffkonzentration.

Längerfristige hydrologische Vorhersagen – wichtiger Baustein zur Reduzierung der Vulnerabilität des Wasserstraßentransports bei Extremereignissen

Bastian Klein, Barbara Frielingsdorf, Dennis Meißner

Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG)

Das extreme Niedrigwasserereignis im Jahr 2018 hat deutlich gemacht, dass der Wasserstraßentransport und die von ihm abhängigen Industrien besonders anfällig gegenüber solchen Extremereignissen sind. Um diese Vulnerabilität nachhaltig zu reduzieren, haben sich längerfristige hydrologische Vorhersagen als ein wichtiges Werkzeug erwiesen. Sie liefern einen essentiellen Beitrag, um die dem Transport vor- bzw. nachgelagerten Logistik-, Lager- und Produktionsprozesse situativ zu optimieren. Auch für das vorausschauende Management der Bundeswasserstraßen sind längerfristige Vorhersagen bedeutsam.

Seit 2012 entwickelt die Bundesanstalt für Gewässerkunde im Rahmen von nationalen und internationalen Forschungs- und Entwicklungsprojekten in Zusammenarbeit mit Wasserstraßennutzern hydrologische Vorhersagesysteme mit einem Vorhersagehorizont von mehreren Wochen. Nach einer mehrjährigen präoperationellen Testphase ist im Sommer 2022 die Operationalisierung einer 6-Wochen-Vorhersage für Rhein und Elbe geplant.

Als meteorologische Eingangsgrößen des hydrologischen Modells LARSIM der BfG für Mitteleuropa werden die meteorologischen Ensemble-Vorhersagen des ECMWF mit erweiterten Vorhersagezeitraum (ECMWF-ENS extended) genutzt, um die Abfluss- und Wasserstandsentwicklung an ausgewählten Pegeln der Bundeswasserstraßen über die kommenden 6 Wochen vorherzusagen. Zusätzlich wird das hydrologische Modell ausgehend vom aktuellen Systemzustand mit den zeitgleichen meteorologischen Situationen der letzten 50 Jahre beaufschlagt, um Aufschluss darüber zu erhalten, wie sich die Abflüsse und Wasserstände bei mittleren meteorologischen Bedingungen entwickeln würden. Auch kann damit im Sinne eines Szenarios abgeschätzt werden, wie sich z. B. die Situation entwickeln würde, wenn sich eine Witterung wie im Jahr 2018 zu dieser Jahreszeit einstellen würde.

Meteorologische Ensemble-Vorhersagen weisen im Allgemeinen einen systematischen Fehler und eine zu geringe Streuung auf, die sich im Allgemeinen auch auf die resultierenden hydrologischen Vorhersagen durchpaust. Zusätzlich beeinflusst in Niedrigwassersituationen die hydrologische Modellunsicherheit und die Schätzung der Anfangsbedingungen des Modells die Vorhersageunsicherheit nachhaltig. Daher wird bei der 6-Wochen-Vorhersage von der BfG eine statistische Postprozessierung mit der Methode Ensemble Model Output Statistics durchgeführt, um die Gesamtvorhersageunsicherheit für das finale Vorhersageprodukt zu ermitteln.

Keynote: Reichen biophysikalische Dürre-Indikatoren aus, um gesellschaftlich relevant sein zu können?

Andreas Marx

Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung -UFZ

Die Folgen der in jüngster Zeit häufiger aufgetretenen Dürreereignisse (2003, 2011, 2015, 2018-2022) verdeutlichen erneut die Risiken Deutschlands durch die Naturgefahr Dürre. Im Gegensatz zu Überflutungs- und Starkregenereignissen entwickelt sich Dürre schleichend, großräumig, hält sich nicht an natürliche Grenzen, birgt die Gefahr über lange Zeiträume anzudauern und ist häufig mit Kaskaden-Effekten verbunden. Typischerweise entwickelt sich Dürre aus einem Niederschlagsdefizit der meteorologischen Dürre und pflanzt sich mit weiterem Ausbleiben der Niederschläge als Defizit der Bodenfeuchte fort. Eine Intensivierung der Defizite führt schließlich zu einer Reduktion der Abflüsse, der Grundwasserstände oder Reservoirfüllungen, also zur hydrologischen Dürre. Jedes Dürreereignis ist dabei einzigartig. Im Rahmen wissenschaftlicher Arbeiten wurden zahlreiche Indizes und Indiktoren definiert, die heute weit verbreitet eingesetzt werden. In dem Impuls werden Beispiele gezeigt und die Nützlichkeit sowie die Möglichkeiten und Limitationen der Anwendbarkeit erläutert.

Session 3: Hitzewellen und Dürren

Keynote: Sommerdürre und die Resilienz von Grasland im globalen Wandel

Michael Bahn

Universität Innsbruck

Drought impacts on Maize Development in NE Germany and Climate Perspectives

Rüdiger Grote¹, David Kraus¹, Matthias Mauder²

¹ Institute of Meteorology and Climate Research - Atmospheric Environmental Research, Karlsruhe Institute of Technology; ² Technische Universität Dresden

Detailed investigations of gas exchange and biomass development have been carried out at two different maize fields in Brandenburg, Germany, during years that considerably differed in water supply. These data were used to parametrize and evaluate a process-oriented biogeochemical model (LandscapeDNDC), which is then applied for analyzing growth and yield in dependence on site properties. The results demonstrate that 1. Site differences occur that clearly depend on the soil water storage capacity which are more important in years with late droughts or relatively short dry periods. 2. In the period 2015 to 2020 only one year supplied sufficient rainfall to enable potential growth and yield at the sites. In average, drought caused about 25 % decline in gross carbon uptake and yield. Uncertainties in the results are discussed in particular in view of yield risks under future conditions.

Niederschlagstrends entscheiden, wie oft Dürren und Hitzewellen gemeinsam auftreten werden

Jakob Zscheischler, Emanuele Bevacqua

Helmholtz Zentrum für Umweltforschung - UFZ, Leipzig

Hitzewellen und Dürren führen zu besonders großen Schäden, wenn sie gleichzeitig auftreten. Dann fallen Waldbrände, Baumschäden und Ernteverluste oft noch gravierender aus. Hitze und Dürre ist in den meisten Erdregionen korreliert, sodass die Wahrscheinlichkeit, dass beide Ereignisse zusammenfallen höher ist. Klimamodelle sagen einen starken Anstieg in gleichzeitig auftretenden Hitzewellen und Dürren vorher, aber die Unsicherheiten sind groß. In diesem Vortrag zeige ich auf, dass diese Unsicherheiten vor allem durch lokale Niederschlagstrends bestimmt werden. Dieses Wissen kann helfen, best-case und worst-case Szenarien abzuleiten und gegebenenfalls Unsicherheiten zu reduzieren, indem wir Niederschlagstrends besser vorhersagen.

Session 3: Hitzewellen und Dürren

Kontinuierliche Messung und skalenübergreifende Kartierung von Bodenfeuchte und Schnee mit Sensoren kosmische Neutronen

Martin Schrön

Helmholtz Zentrum für Umweltforschung - UFZ, Leipzig

Hydrometeorologisches Monitoring- und Vorhersagesystem als Entscheidungshilfe für die Landwirtschaft

Heye Reemt Bogena, Patrizia Ney, Felix Nieberding, Alexandre Belleflamme, Niklas Wagner, Maksim Iakunin and Klaus Goergen

Institut für Bio- und Geowissenschaften (Agrosphäre: IBG-3), Forschungszentrum Jülich GmbH

Die Häufung von Dürreereignissen in Mitteleuropa in den letzten Jahren und der prognostizierte regionale Klimawandel mit den damit einhergehenden Auswirkungen stellen ein zunehmendes Problem für die Landwirtschaft dar. Im Rahmen der Projekte ADAPTER (ADAPT TERrestrial systems) und DG-RR (Digitales Geosystem-Rheinisches Revier) werden landwirtschaftliche Akteure mit neuartigen Bodenzustands- und Wettervorhersageprodukten unterstützt, damit diese mit kurzfristigen Wetterschwankungen und -extremen sowie langfristigen regionalen Klimaänderungen besser umgehen können. Hierzu wurde eine hydrometeorologisches Monitoring-Netzwerk mit 13 Feldstandorten eingerichtet. Neben meteorologischen Standardmessungen werden zwei komplementäre Methoden zur Bestimmung der Bodenfeuchte eingesetzt: In-situ Sensoren zur Messung der die Bodenfeuchte- und Temperatur verschiedenen Tiefe und Cosmic-Ray Sensoren zur Erfassung der Bodenfeuchte auf der gesamten Parzelle. Die Beobachtungsdaten werden in Echtzeit auf einem Cloud-Server übertragen. Ein automatisierter Workflow ermöglicht dann die testweise Assimilation der Daten in das Vorhersagemodell. In einer Infrastruktur aus mehreren Modellsystemen um das vollgekoppelte TSMP (Terrestrial Systems Modeling Platform) werden außerdem stündliche, hochauflösende Informationen über die Bodenfeuchte oder andere hydrometeorologische Parameter für die nächsten 10 Tage vorhergesagt. Sowohl die Beobachtungsdaten als auch die Vorhersageprodukte werden nahezu in Echtzeit auf einer digitalen Produktplattform bereitgestellt (www.adapter-projekt.de). Damit erhalten die Nutzer im Praxisnetzwerk relevante Informationen, die bei Entscheidungen zum Management laufender landwirtschaftlicher Tätigkeiten unterstützen können, wie z.B. Bewässerungsbedarf und Düngezeitpunkte, oder Befahrbarkeit und Bearbeitbarkeit dienen. Darüber hinaus können die Daten und Erkenntnisse auch zur Verbesserung der Vorhersage der Bodenhydrologie oder zur Validierung hydrogeophysikalischer Messungen beitragen. Die neuen Vorhersageprodukte sind ein wichtiges Instrument zur Anpassung an die zunehmende Variabilität der Wetter- und Klimabedingungen im Zuge des Klimawandels.

Entwaldungsbedingte Verschlechterungen der Wasserqualität in Talsperren kennzeichnen die Bedeutung indirekter Auswirkungen des globalen Wandels

Xiangzhen Kong, Salman Ghaffar, Maria Determann, Kurt Frieze, Seifeddine Jomaa, Chenxi Mi, Tom Shatwell, Karsten Rinke, Michael Rode

Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung-UFZ, Department Aquatische Ökosystemanalyse

Entwaldung ist derzeit ein weit verbreitetes Phänomen und eine wachsende ökologische Herausforderung in Zeiten des schnellen Klimawandels. In gemäßigten Klimagebieten ist es schwierig, die Auswirkungen der Entwaldung auf die Dynamik des Stoffhaushaltes von Einzugsgebieten und seinen nachgelagerten aquatischen Ökosysteme wie Stauseen zu quantifizieren, dies gilt umso mehr für die Prognose zukünftige Änderungen. Wir haben uns dieser Problematik angenommen, indem wir ein einzigartiges Einzugsgebiet-Reservoir-System mit zwei Vorsperren in unterschiedlichen trophischen Zuständen (meso- und eutrophisch) untersucht haben, die beide in die Rappbodetalsperre im Harz münden. Aufgrund der anhaltenden Dürren in den Jahren 2015-2018 verlor das Einzugsgebiet des mesotrophen Reservoirs eine beispiellose Waldfläche (exponentielle Zunahme seit 2015 und ca. 35 % Verlust allein im Jahr 2020). Unter Verwendung eines prozessbasierten Modellierungsansatzes, der sowohl den Nährstoffexport des Einzugsgebiets (HYPE) als auch die Ökosystemdynamik des Reservoirs (GOTM-WET) koppelt, zeigen die Ergebnisse, dass sich bis 2035 ein zunehmender Nährstofffluss aus dem Einzugsgebiet aufgrund großflächiger Entwaldung (80 % Verlust) die mesotrophe Vorsperre in einen eutrophen Zustand verändern kann. Unsere Ergebnisse liefern daher quantitative Belege für die ausgeprägte Beeinträchtigung der Wasserqualität und der ökologischen Leistungen, die die Entwaldung flussabwärts gelegener aquatischer Ökosysteme verursacht. Wir haben unser Modell mit Datensätzen validiert, die sich über Perioden rascher Veränderungen sowohl im mesotrophen System als auch im angrenzenden eutrophischen Referenzsystem erstrecken, was unsere Prognosen sehr robust macht. Wir schlagen vor, die Auswirkungen des Klimawandels auf Seen und Stauseen in gemäßigten Klimagebieten zeitskalenabhängig zu bewerten und die indirekten Auswirkungen der Entwaldung insbesondere in der zeitnahen Zukunft zu beurteilen. Wir gehen davon aus, dass indirekte Auswirkungen des Klimawandels auf Oberflächengewässer (z. B. verursachte durch veränderte Einzugsprozesse) ebenso wichtig sind wie die direkten Auswirkungen des sich erwärmenden Klimas auf die Wasserkörper.

31.05.2022	Postersession
1	P. Gasch(KIT), A. Wieser(KIT), N. Kalthoff(KIT), U. Corsmeier(KIT), T. Feuerle(TU Braunschweig), C. Kottmeier(KIT): Targeted airborne Doppler lidar observations in the vicinity of convective systems
2	S. Spahr (IGB Berlin, Uni Tübingen), B. I. Escher (Uni Tübingen, UFZ), M. Engelhardt (Uni Tübingen), A. Gärtner (UFZ), M. König (UFZ), M. Krauss (UFZ), Y. Liu (Uni Tübingen), Y. Meng (UFZ), R. Schlichting (UFZ), C. Zarfl (Uni Tübingen), C. Glaser (Uni Tübingen): Mischungseffekte von organischen Schadstoffen in Regenwetterabflüssen und Oberflächengewässern
3	D. Wurbs (LLG, ALFF): Starkregenrisikomanagement im Klimawandel - Methoden für ein Erosionsmonitoring in Sachsen-Anhalt
4	A. Ney, I. Smekal (NW-FVA): Evaluierung verschiedener Dürreindizes für die Forstwirtschaft (<i>vorläufiger Titel</i>)
5	M. Frassl (BfG), C. Fleischer (BfG), E. Nilson (BfG), H. Fischer (BfG): Auswirkungen des Klimawandels auf die großen Flüsse und Küstengewässer Deutschlands, Informationsangebote des DAS-Basisdienstes
6	F. Miesner (AWI), W. Cable (AWI), J. Boike (AWI, HU Berlin), P. P. Overduin (AWI): In-situ measurements of sediment temperature under shallow water bodies in Arctic environments

POSTER

Session 1: Starkniederschlag und Überflutungen

Targeted airborne Doppler lidar observations in the vicinity of convective systems

Philipp Gasch¹, A. Wieser¹, N. Kalthoff¹, U. Corsmeier¹, T. Feuerle², C. Kottmeier¹

¹Karlsruhe Institute of Technology (KIT), Institute of Meteorology and Climate, ²TU Braunschweig, Institute of Flight Guidance

A new airborne Doppler lidar system has been developed by the Karlsruhe Institute of Technology (KIT) for use on-board the Dornier 128-6 research aircraft of the TU Braunschweig. In the summer of 2021, first measurements with the new airborne lidar system were conducted during the Swabian MOSES (Modular Observation Solutions for Earth Systems) field campaign, which was carried out under the leadership of the Institute for Meteorology and Climate Research (IMK-TRO). The campaign focused on the frequent initiation and development of deep convective systems between the Black Forest and the Swabian Jura in southwestern Germany. We present first results of these unique observations, which provide detailed insight into meso-scale flow processes in thunderstorm environments. Qualitatively, the observed meso-scale flow pattern compare well with the high-resolution analysis of the German Weather Service. However, locally substantial differences between the lidar observations and the analysis prevail, which emphasizes the additional value of the observations. We finally discuss the further potential of Doppler lidar measurements and point to possible future activities.

Mixture effects of organic contaminants in stormwater runoff and a receiving stream

Stephanie Spahr ^{1,2}, Beate I. Escher ^{2,3}, Michelle Engelhardt ², Andrea Gärtner ³, Maria König ³, Martin Krauss ³, Yuyuan Liu ², Yue Meng ³, Rita Schlichting ³, Christiane Zarfl ², Clarissa Glaser ²

¹ Leibniz Institute of Freshwater Ecology and Inland Fisheries (IGB); ² Eberhard Karls University of Tübingen; ³ Helmholtz Centre for Environmental Research (UFZ)

Heavy rainfalls can lead to severe flood events and environmental degradation due to discharge of contaminated stormwater runoff into surface waters. Numerous organic chemicals are used in agriculture and urban areas including pesticides, biocides, flame retardants, and corrosion inhibitors. Many of these compounds have been detected in stormwater but the assessment of runoff quality remains challenging due to highly variable stormwater composition over time and space, the vast number of often unidentified chemicals, and unknown effects of chemical mixtures. In our study, we complemented chemical analyses with cell-based in vitro high-throughput bioassays to shed light on (i) sources of dissolved and particle-associated organic contaminants and their mixture toxicity in stormwater runoff, and (ii) temporal dynamics of the chemical mixtures and toxicity in a receiving stream over the course of consecutive storm events. In June 2021, we captured three storm events in the Ammer catchment (close to Tübingen, Germany) during which we collected grab samples from potential pollution sources and time-proportional composite samples from the receiving stream (the Ammer River). We screened all samples for more than 600 organic contaminants using high resolution mass spectrometry, and performed bioassays to assess mixture effects (including cytotoxicity, estrogenicity, oxidative stress response, and algal toxicity). While during dry weather the mixture toxicity in the Ammer River was dominated by wastewater treatment plant effluent, we identified additional rain-driven input pathways of bioactive organic contaminants into the river including runoff from industrial sites and residential areas, combined sewer overflows, as well as agricultural tributaries. Our study highlights the need for improved stormwater monitoring and management strategies to reduce diffuse pollution of surface waters.

Starkregenrisikomanagement im Klimawandel - Methoden für ein Erosionsmonitoring in Sachsen-Anhalt

Daniel Wurbs

Landesanstalt für Landwirtschaft und Gartenbau Sachsen-Anhalt (LLG), Amt für Landwirtschaft, Flurneuordnung und Forsten Süd Sachsen-Anhalt (ALFF)

Als Folge des Klimawandels ist eine Zunahme des Gefährdungspotenzials für landwirtschaftlich genutzte Böden zu erwarten, einhergehend mit der Gefahr des Verlustes von Bodenfruchtbarkeit und Bodenfunktionen. Häufigere und intensivere Starkregenereignisse führen in Hinblick auf die Wasserosionsgefährdung ebenso zu einem Anstieg des Gefährdungsrisikos wie die Veränderung der saisonalen Niederschlagsverteilung und das Zusammentreffen von Perioden geringer Bodenbedeckung mit Zeiträumen erhöhter Starkregenhäufigkeit. In Zukunft wird somit vorsorgenden Bodenschutzmaßnahmen zur Gefahrenabwehr von Bodenabträgen und der Erfassung und Bewertung von Erosionsereignissen als Grundlage für die landwirtschaftliche Fachberatung eine zunehmende Bedeutung zukommen.

In Umsetzung eines bestehenden Erosionsschutzkonzeptes erfolgt in Sachsen-Anhalt die Etablierung eines Erosionsmonitorings durch die systematische Erfassung von Erosionsereignissen. Der Monitoringansatz basiert auf der Nutzung konventioneller Kartiermethoden und zeitlich und räumlich hoch auflösender Geodaten. Nur durch die Kartierung der Erosionsflächen und die Erfassung der standortbezogenen Bearbeitungs- und Bewirtschaftungsmethoden können Ursachen, Ausmaß und mögliche Gefahrenabwehrmaßnahmen flächenkonkret bewertet werden. Die Kartierung erfolgt GPS-gestützt und kann durch moderne Drohnentechnik begleitet werden. Die räumliche Eingrenzung von Erosionsfällen erfolgt im Vorfeld einer Kartierung durch die Verknüpfung von Geodaten, um potenzielle und aktuelle Erosionsgefährdungen lokal identifizieren zu können. Hierzu zählen Daten der Erosionsmodellierung, satellitenbildgestützte Vegetationsindizes (NDVI) und Niederschlagsradardaten des Deutschen Wetterdienstes (DWD).

Auswirkungen des Klimawandels auf die großen Flüsse und Küstengewässer Deutschlands, Informationsangebote des DAS-Basisdienstes

Marieke Frassl, Claudius Fleischer, Enno Nilson, Helmut Fischer

Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG)

Selbst bei sofortigem Stopp aller Treibhausgasemissionen würden klimawandelbedingte Veränderungen über lange Zeit fortwirken, zudem ist momentan eine deutliche Reduktion der Emissionen nicht erkennbar. Die Anpassung an den Klimawandel ist damit unumgänglich und mittlerweile in Gesetzen, Normen und Richtlinien verankert. Als Teil der Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel (DAS) wurde Ende 2020 der DAS-Basisdienst „Klima und Wasser“ eingesetzt (www.das-basisdienst.de). Aufgabe des Dienstes ist es, Daten zu den Auswirkungen des Klimawandels operationell bereitzustellen und beratend tätig zu sein.

Der DAS-Basisdienst führt u.a. relevante Informationen zum Klimawandel und dessen Auswirkungen auf die Bundeswasserstraßen und die deutsche Küste zusammen. Wichtig ist hierbei eine über Institutionen und Anwendungen hinweg einheitliche Datengrundlage der Projektionen für die nahe und ferne Zukunft. Um eine kontinuierliche und zügige Bereitstellung der umfassenden Daten und Informationen sicherzustellen, werden möglichst viele Arbeitsabläufe automatisiert.

Auf dem Poster werden die DAS und der DAS-Basisdienst exemplarisch für die Elbe vorgestellt. Es wird der Arbeitsablauf von der Aufbereitung von Klimadaten über die Wasserhaushaltssimulation bis hin zur Erstellung von Wassergüteprojektionen skizziert. Am Ende dieser Modell- und Prozesskette, an der mehrere Akteure und Institutionen beteiligt sind, stehen qualitätsgeprüfte Grafiken und Daten zu wichtigen Abflusskennwerten sowie zu Wassergüteparametern wie Wassertemperatur, Sauerstoffgehalt und Chlorophyll-a Konzentration. Diese Daten werden über das Klimaportal „Wasserwirtschaft und Schifffahrt“ (www.ws-klimaportal.bafg.de) bereitgestellt und können dabei helfen, Wetterextreme und deren Auswirkungen einzuordnen. Der DAS-Basisdienst arbeitet eng mit dem BMDV-Expertennetzwerk zusammen (www.bmdv-expertennetzwerk.bund.de), welches sich unter anderem mit extremen Wetterereignissen und der Anpassung von Verkehr und Infrastruktur befasst.

Vorstellung Projekte über Witterungsextreme an der NW-FVA und Fallstudie über Clustering von SPEI Zeitreihen

Alexander Ney, Isabella Smekal

NW-FVA, Göttingen

Die beiden vorgestellten Projekte „Klimaplastischer Bundeswald“ und „Analyse der Intensität und Andauer von Witterungsextremen unter heutigen und zukünftigen Klimabedingungen – Folgen für die Wälder in Hessen“ laufen an der NW-FVA bis Ende 2024. Ziel ist es, Witterungsextreme anhand von Indikatoren zu evaluieren und damit den Zusammenhang von Vitalitätsveränderungen von Bäumen zu erklären. Neben der retrospektiven Witterungsanalyse ab 1870 ist die Einbindung der Klimäläufe des ReKliEs-De-Projektvorhabens (Regionale Klimaprojektionen Ensemble für Deutschland) bis 2100 geplant.

Die hier vorgestellte Fallstudie zeigt Vorteile einer räumlichen Auswertung von Dürreereignissen, ohne die Notwendigkeit von Rasterdaten. In den Clusteralgorithmus fließen die vorab berechneten Zeitreihen des Standardized Precipitation Evaporation Index (SPEI) auf Stationsebene ein. Der Vorteil dieses Indikators sind die Werte in standardisierter Form, die für Clustering Methode empfohlen werden. Außerdem drückt der SPEI vereint in einem Wert Informationen zu vielen Parametern aus, die in seine Berechnung einfließen.

In-situ measurements of sediment temperature under shallow water bodies in Arctic environments

Frederieke Miesner ¹, William Cable ¹, Julia Boike ^{1,2}, Pier Paul Overduin ¹

¹ Alfred Wegener Institute for Polar and Marine Research; ² Department of Geography, Humboldt-Universität zu Berlin

The thermal regime under lakes, ponds, and shallow near shore zones in permafrost zones in the Arctic is predominantly determined by the temperature of the overlying water body throughout the year. Where the temperatures of the water are warmer than the air, unfrozen zones within the permafrost, called taliks, can form below the water bodies.

However, the presence of bottom-fast ice can decrease the mean annual bed temperature in shallow water bodies and significantly slow down the thawing or even refreeze the lake or sea bed in winter. Small changes in water level have the potential to drastically alter the sub-bed thermal regime between permafrost-thawing and permafrost-forming. The temperature regime of lake sediments is a determining factor in the microbial activity that makes their taliks hot spots of methane gas emission. Measurements of the sediment temperature below shallow water bodies are scarce, and single temperature-chains in boreholes are not sufficient to map spatial variability.

We present a new device to measure in-situ temperature-depth profiles in saturated soils or sediments, adapting the functionality of classic Lister-type heat flow probes to the special requirements of the Arctic. The measurement setup consists of 30 equally spaced (5cm) digital temperature sensors housed in a 1.5 m stainless steel lance. The lance is portable and can be pushed into the sediment by hand either from a wading position, a small boat or through a hole in the ice during the winter. Measurements are taken continuously and 15 minutes in the sediment are sufficient to acquire in-situ temperatures within the accuracy of the sensors (0.01K after calibration at 0°C). The spacing of the sensors yield a detailed temperature-depth-profile of the near-surface sediments, where small-scale changes in the bottom water changes dominate the temperature field of the sediment. The short time needed for a single measurement allows for fine-meshed surveys of the sediment in areas of interest, such as the transition zone from bottom-fast to free water.

Test campaigns in the Canadian Arctic and on Svalbard have proven the device to be robust in a range of environments. We present data acquired during winter and summer, covering non-permafrost, thermokarst lake and offshore measurements.

Impressum

Abstractband

Workshop »Wetterextreme: Perspektiven in Monitoring und Vorhersage«

31. Mai + 1. Juni 2022 im Leipziger KUBUS

Redaktion, Layout, Satz i.A. des UFZ: F&U confirm, Leipzig

Fotos: Rolf (FZJ), Köhrlin (KIT), Künzelmann, Rebmann, Schütze (UFZ)

2022