

This is the preprint of the contribution published as:

Glaser, C., Kunz, M., Spahr, S., **Weber, U.** (2022):
Messkampagne liefert einzigartige Daten über Wetterextreme. Measurement campaign
provides unique data on weather extremes
WasserWirtschaft **112** (2-3), 80 - 81

The publisher's version is available at:

<http://dx.doi.org/10.1007/s35147-022-0973-1>

Messkampagne „Swabian MOSES“: Von Gewittern über Starkregen zu Überflutungen

Clarissa Glaser, Michael Kunz, Stephanie Spahr, Ute Weber



Bild 1: Aufziehende Gewitter über dem KITcube in Rottenburg (© Susanna Mohr, KIT)

Extreme Wetterereignisse nehmen auch in Deutschland beständig zu. Die Messkampagne „Swabian MOSES“ hat es sich zur Aufgabe gemacht, Wetterextreme im Bereich der Schwäbischen Alb disziplinübergreifend zu untersuchen. Im Sommer 2021 kam es zu einer außergewöhnlichen Serie von Gewitterfronten mit Hagel und Starkregen. Meteorologische Untersuchungen lieferten einzigartige Daten zur Entstehung von Gewittern. Hydrologische und (bio)analytische Methoden erfassten die Auswirkungen des Starkregens auf die Wasserqualität in Flüssen.

Extreme Wetterereignisse wie schwere Gewitter, Hagel, Starkregen oder Hitzeperioden haben in den letzten Jahren auch in Deutschland zugenommen und verursachen teils große wirtschaftliche Schäden. Um die Prozesskette von der Entstehung bis zu den Auswirkungen solcher Wetterextreme zu untersuchen, wurde das mobile und modular einsatzfähige Beobachtungssystem MOSES (Modular Observation Solutions for Earth Systems) entwickelt, das ab 2022 vollständig einsatzfähig ist. Testkampagnen waren ein wichtiger Teil der Aufbauphase, denn es galt die neuen Messsysteme im mobilen Einsatz aufeinander abzustimmen. Als abschließende und umfangreichste einer Serie solcher Kampagnen lief von Mai bis Oktober 2021 die „Swabian MOSES“ Kampagne im Bereich der Schwäbischen Alb und des Neckartals.

Diese Region ist aufgrund ihrer komplexen Topographie und der geographischen Lage im Lee des Schwarzwalds besonders häufig von schweren Gewittern betroffen. Durch Hagel werden hier immer wieder Gebäude, Fahrzeuge oder landwirtschaftliche Kulturen beschädigt, mit Schadenssummen bis in dreistellige Millionenhöhe. Das Ziel von Swabian MOSES ist es, die Ursachen für die hohe Anzahl an Schwergewittern und ihre Auswirkungen wie bspw. Schadstoffeinträge in Fließgewässer besser zu verstehen.

Bei Rottenburg wurde dafür das Observatorium KITcube des KIT Karlsruhe aufgebaut (Bild 1) mit Niederschlags- und Wolkenradaren, Lidargeräten, In-situ Messgeräten, Ballonsonden und einer Aerosolkammer. Ergänzt wurden diese Beobachtungen mit weiteren Messungen an 25 Stationen. Erstmals kamen kleine Schwarmsonden zum Einsatz, die Messdaten direkt aus den Gewitterwolken liefern. Ballonsonden des Forschungszentrums Jülich erfassten u. a. Daten zum Wasserdampftransport bis in die untere Stratosphäre, während zusätzliche Wetterballons des Deutschen Wetterdienstes die Vorgänge in der Atmosphäre genauer abbildeten. In unmittelbarer Gewitternähe sammelten zwei Forschungsflugzeuge der Universität Braunschweig Atmosphärendaten. Die Fluktuation von Windfeldern, Wasserdampf und Temperatur hat die Universität Hohenheim mit ihren Lidargeräten beobachtet. Auf der Landoberfläche ist die Bodenfeuchte eine zentrale Steuergröße für den Abfluss des Regenwassers und damit für die Entstehung von Hochwasser. Die Bodenfeuchte-Dynamik wurde vom UFZ Leipzig erfasst, während das DLR Oberpfaffenhofen Vergleichsmessungen mit einem flugzeuggestützten Radar-System durchführte. Am Ende dieser Prozesskette standen die durch Starkregen und Überflutungen ausgelösten Schadstoffeinträge in die Fließgewässer.

Unwetter und Überflutungen im Sommer 2021

Während der Intensivphase der Kampagne im Juni und Juli 2021 kam es zu einer außergewöhnlichen Serie an Extremwetterlagen: An 20 Tagen bildeten sich im Untersuchungsgebiet Gewitter, an 12 Tagen wurde Hagel beobachtet. Am schwerwiegendsten waren eine Superzelle am 23. Juni und eine Gewitterfront am 28. Juni. Mit zahlreichen Blitzeinschlägen, Hagel bis zu 5 cm Durchmesser und Starkniederschlägen, die zu überfluteten Fahrbahnen und zu Hochwasser an kleineren Flüssen und zu Sturzfluten in zahlreichen Ortschaften führten, zogen die schweren Unwetter direkt über das Messgebiet. Die laufende Kampagne hat diese Entwicklungen unmittelbar beobachtet und damit herausragende Daten gesammelt, die in den nächsten Monaten ausgewertet werden.

Schadstoffeinträge in Fließgewässer

Die starken Regenfälle führten in Flüssen und Bächen zu hohen Abflüssen und der Mobilisierung von Schwebstoffen und Schadstoffgemischen. Dabei tragen verschiedene Zuflüsse zum Wasser- und Partikelfluss und damit zu Schadstoffeinträgen in Gewässern bei. Jedoch bleibt meist

unbekannt, welche Schadstoffe durch Niederschlagsabfluss mobilisiert werden, welche Toxizität die Stoffgemische hervorrufen, und welche Schadstoffquellen besonders zur Belastung von Gewässern beitragen. Neben der Intensität und Dauer des Regens spielen die Charakteristika des Einzugsgebiets (vor allem Gefälle, Landnutzung und Flächenversiegelung) eine entscheidende Rolle für Abflusssdynamiken und Stofffrachten. Hier stehen natürliche Gebiete wie überschwemmte Auenflächen in einem starken Kontrast zu städtischen Gebieten, in denen u. a. Mischwasserentlastungen und Niederschlagsabfluss von Verkehrsflächen zu einem erhöhten Eintrag von unzureichend geklärtem Abwasser und Partikeln (z. B. Reifenabrieb) führen.

Im Rahmen von Swabian MOSES haben die Universität Tübingen und das UFZ Leipzig zeitliche und räumliche Dynamiken von gelösten und partikelgebundenen organischen Spurenstoffen wie bspw. Arzneimittel, Pestizide und Korrosionsschutzmittel untersucht. Die zwei ausgewählten Flüsse, Ammer und Steinlach bei Tübingen, unterscheiden sich in der Landnutzung und dem Grad der Urbanisierung. Während der Starkregenereignisse im Juni wurden mittels automatisierter Probenehmer Wasserproben in zeitlich hoher Auflösung an den Einzugsgebietsausläufen der Flüsse gesammelt (Bild 2). Der Gesamtabfluss sowie die Trübe als Proxy für die transportierte Partikelmenge wurden über Sonden automatisch registriert. Um neben der chemischen Belastung beider Flüsse auch die Haupteintragspfade von Schadstoffen zu identifizieren, wurden in den Einzugsgebieten zusätzliche Probenehmer installiert und ergänzend Schöpfproben genommen. Besonderes Augenmerk lag auf Autobahnabflüssen, Regenüberlaufbecken und landwirtschaftlichen Entwässerungsgräben.

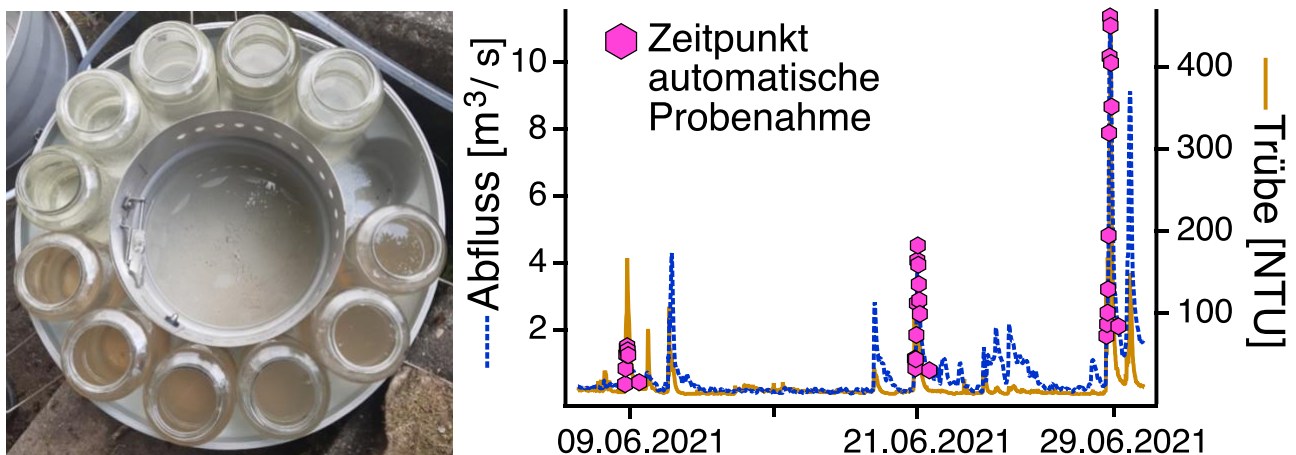


Bild 2: Automatischer Probenehmer zur zeitaufgelösten Hochwasser-Beprobung in Flüssen (links; © Glaser) und Abfluss- und Trübedynamik in der Ammer während drei Regenereignissen (rechts)

Chemische und bioanalytische Methoden zur Erfassung der Wasserqualität

Die während der Regenereignisse gesammelten Proben wurden im Labor an der Universität Tübingen aufbereitet. Im Wasser gelöste Schadstoffe und an Partikel gebundene Chemikalien wurden durch Filtration voneinander getrennt und separat analysiert. Alle Proben wurden mittels hochauflösender Massenspektrometrie am UFZ Leipzig auf über 600 organische Schadstoffe untersucht, um Konzentrationsdynamiken im Verlauf von Hochwasser zu ermitteln. Dennoch kann auch diese chemische Analytik aufgrund der großen Anzahl und Vielfalt von Chemikalien und deren oftmals unbekannten Transformationsprodukten nicht alle Stoffe erfassen. Ergänzend kamen deshalb zellbasierte *in vitro*-Biotestverfahren zum Einsatz: Mit der bioanalytischen Hochdurchsatzplattform CITEPro wurden die Proben auf ihre Toxizität und spezifische biologische Effekte analysiert, um das Gefahrenpotential der Chemikaliengemische im Wasser für Mensch und Umwelt besser beurteilen zu können.

Weitere Informationen:

Swabian MOSES: <https://www.swabianmoses.de/>

MOSES Homepage: <http://www.moses-helmholtz.de/>

MOSES Concept Paper: Bulletin of the American Meteorological Society (BAMS), DOI: [10.1175/BAMS-D-20-0158.1](https://doi.org/10.1175/BAMS-D-20-0158.1) (erscheint Jan-Feb 2022)

Autoren

Dr. Clarissa Glaser

Eberhard Karls Universität Tübingen
Schnarrenbergstr. 94-96
72076 Tübingen
clarissa.glaser@uni-tuebingen.de

Prof. Dr. Michael Kunz

Karlsruher Institut für Technologie (KIT)
Hermann-von-Helmholtz-Platz 1
76344 Eggenstein-Leopoldshafen
michael.kunz@kit.edu

Dr. Stephanie Spahr

Leibniz-Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei (IGB)
Müggelseedamm 301
12587 Berlin
stephanie.spahr@igb-berlin.de

Dr. Ute Weber

Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung (UFZ)
Permoserstrasse 15
04318 Leipzig
ute.weber@ufz.de