



Foto: André Künzelmann/UFZ

## Klimawandel, Wasser und Extremereignisse

Der Klimawandel verändert die Wasserressourcen, deren Kreisläufe, Quantität und Qualität weltweit. Er ist dabei aber nur ein Einflussfaktor von vielen. Weitere wichtige Treiber sind Bevölkerungswachstum, wachsender Nahrungs- und Energiebedarf, Landnutzungswandel, wirtschaftliche Entwicklung, Globalisierung und Urbanisierung – Prozesse, die alle miteinander zusammenhängen. Bereits heute lebt etwa ein Drittel der Weltbevölkerung in Regionen mit knappen Wasserressourcen. Das betrifft zunehmend auch Europa, hier vor allem die Region des südlichen und östlichen Mittelmeerraums, wo sich laut Grünbuch der Europäischen Kommission die verfügbaren Wasserressourcen innerhalb der nächsten 50 bis 100 Jahre halbieren

werden. Vor allem für die Menschen in wirtschaftlich schwachen Regionen ist diese Entwicklung vielfach verbunden mit Trinkwassermangel, Hygieneproblemen durch Abwässer sowie gebremster wirtschaftlicher Entwicklung.

Eng mit dem Wasserkreislauf und dem Klima verbunden sind meteorologische Extremereignisse. Hagel, Starkregen, Fluten oder Dürren verursachen häufig große ökonomische und soziale Schäden.

Auf den nachfolgenden Seiten finden Sie Beispiele dafür, wie das UFZ dazu beiträgt, Systemlösungen zu finden, um die Menge und Qualität vorhandener Wasserressourcen nachhaltig zu sichern sowie mit Extremereignissen und deren Folgen umzugehen.

## Management knapper Wasserressourcen

### Naher Osten

Was passiert, wenn eine Region unter Wassermangel leidet, ist am Rande des Toten Meeres eindrucksvoll zu sehen: Pro Jahr sinkt der Wasserspiegel des Salzsees um einen Meter, weil die Grundwasserressourcen intensiv genutzt werden und aus dem Fluss Jordan kaum noch Wasser nachfließt. Bislang wurde ein Großteil des Flusswassers für die Landwirtschaft abgezapft. Die Abwässer gelangten ungeklärt in den Jordan zurück, so dass dieser auf dem Weg zum Toten Meer nicht mehr als Trinkwasser zu gebrauchen ist. Die Menschen in der Region müssen sich aus Tiefbrunnen versorgen. Der Grundwasserspiegel sinkt dramatisch, weil die unterirdischen Wasserreserven, die sich über Millionen von Jahren gebildet haben, über Gebühr genutzt werden. Das rasante Bevölkerungswachstum zwingt zu einem effizienteren Umgang mit der knappen Ressource Wasser in dieser Region. Zusammen mit israelischen, palästinensischen und jordanischen Kollegen suchen die UFZ-Forscher daher im internationalen Projekt **SMART (Sustainable Management of Available Water Resources with Innovative Technologies)** nach Wegen, die Wasserversorgung im Nahen Osten über ein integriertes Wasserressourcenmanagement zu stabilisieren. Dazu wurden Menge und Beschaffenheit der Wasservorkommen erforscht und in Computermodellen simuliert. Neben dieser Bestandsaufnahme wurden für Jordanien neue Konzepte zur dezentralen Reinigung von Abwasser entwickelt und maßgeblich am Wassermasterplan Jordaniens, einem der wasserärmsten Länder der Welt, mitgearbeitet. Da die Erfahrung zeigt, dass eine Überführung der Forschungsarbeiten stark von den technischen, wirtschaftlichen, kulturellen und sozialen Rahmenbedingungen abhängig ist, legten die Wissenschaftler viel Wert auf die Anpassung des Abwasserbehandlungskonzeptes



Forschungs- und Demonstrationsanlage für dezentrale Abwassertechnologien in Fuheis bei Amman. Foto: André Künzelmann/UFZ

an die lokalen Bedingungen und die Zusammenarbeit mit Wissenschaftlern und Verantwortlichen vor Ort. Dazu wurde eigens ein Implementierungsbüro im Jordanischen Wasserministerium in Amman eingerichtet. Um unterschiedliche Abwasserreinigungstechnologien zu testen und zu optimieren, wurde nahe der jordanischen Hauptstadt Amman ein Forschungs- und Demonstrationsstandort mit zehn Versuchsanlagen geschaffen. Dort kann Abwasser mit unterschiedlichen technologischen Konzepten regelkonform aufbereitet werden. Ziel der jordanischen Regierung ist es, bis zum Jahr 2020 die Wiedernutzung behandelter Abwässer stark zu erhöhen. Ein weiteres Potenzial, die Grundwasserspeicher zu entlasten, sehen Hydrogeologen des UFZ darin, Niederschläge gezielt in den Untergrund zu leiten, statt sie ungenutzt abfließen zu lassen.

### Mongolei

Auch in der Mongolei werden sich die Lebensverhältnisse durch den Klimawandel und das überproportionale Wachstum der urbanen Bevölkerung grundlegend verändern. Die Wasserver- und -entsorgung vieler Städte ist bereits heute unzureichend. Die Infrastrukturen sind in einem maroden Zustand. Es fehlen Mittel, um Technologien zum effizienten Umgang mit Wasser einzusetzen. Im ländlichen Raum ist seit Ende der Planwirtschaft der Viehbestand um etwa ein Drittel angestiegen. Die Mongolei hat knapp drei Millionen Einwohner auf der vierfachen Fläche Deutschlands, aber wahrscheinlich etwa 40 Millionen Nutztiere, die sich in den fruchtbaren Flussauen zu bestimmten Zeiten so konzentrieren, dass der Zustand inzwischen kritisch ist – mit allen Problemen wie Überweidung, Erosion, Wasserverschmutzung. Die wirtschaftliche Wiederverwendung von Abwasser wäre auch hier ein Teil der Anpassungsstrategien, um dem Klimawandel zu begegnen. Damit könnten Grundwasservorräte angereichert oder Wälder bewässert werden. Mit Pilotanlagen zur zentralen und dezentralen Abwasserbehandlung in Darkhan existieren inzwischen konkrete Lösungsansätze, die auf das Klima der Mongolei mit seinen kalten Wintern angepasst sind. Mit Bildungsprogrammen für Schüler, Studenten und Experten

## Allianzen und Netzwerke

2013 haben UFZ und Technische Universität Dresden begonnen, ihre bereits bestehenden Kapazitäten auf dem Gebiet der Wasserforschung zu bündeln. Das so entstandene **"Center for Advanced Water Research" (CAWR)** ist mit über 500 Forschenden in Sachsen und Sachsen-Anhalt eines der größten Zentren für Wasserforschung in Europa. Beide Institutionen wollen mit Wissenschaftlern aus verschiedenen Disziplinen gemeinsam zur Lösung globaler Probleme der integrierten Wasserbewirtschaftung beitragen. Wasserforschung bildet am UFZ mit rund 280 wissenschaftlichen Mitarbeitern und 23 gemeinsamen Professuren zusammen mit Partneruniversitäten einen Schwerpunkt der Forschung. Zudem initiierte das UFZ 2010 die Entwicklung und den Aufbau der **„Water Science Alliance“**, ein Netzwerk zur Stärkung der deutschen Wasserforschung auf nationaler, europäischer und internationaler Ebene, und koordiniert die Forschungsaktivitäten des Helmholtz Wasser-Netzwerkes.



Trinkwasserversorgung in den Jurtenvierteln am Stadtrand von Darkhan in der Mongolei. Foto: Lena Horlemann/UFZ

wird das im Projekt gewonnene Wissen an die Bevölkerung vermittelt. Doch moderne Technik allein wird das Problem nicht lösen können. Es fehlt auch an Konzepten, um wichtige Quellregionen zu schützen. UFZ-Forscher arbeiten im Projekt **MoMo (Model Region Mongolia)** daher unter anderem sowohl an Flussgebietsplanungen und Monitoringmethoden, um die Wasserressourcen nachhaltig zu bewirtschaften, als auch an der Abwasserbehandlung, um die sanitäre Situation zu verbessern.

### Lima, Südamerika

Eine nachhaltige Wasserversorgung und Abwasserentsorgung steht ebenfalls im Mittelpunkt eines Projektes in Südamerika – **LiWa (Nachhaltiges Management von Wasser und Abwasser in urbanen Wachstumszentren unter Bewältigung des Klimawandels – Konzepte für Lima Metropolitana)**. Die peruanische Hauptstadt ist eines der großen urbanen Wachstumszentren weltweit mit besonders nachteiligen Rahmenbedingungen. Die zunehmende Wasserknappheit zwingt die Behörden, nach Lösungen zu suchen, wie der Wasserverbrauch reduziert und neue Wasserquellen erschlossen werden könnten. Eine Erhöhung der Preise wäre daher naheliegend. UFZ-Ökonomen haben deshalb untersucht, wie eine solche Wasserpreisreform sozial

gerecht gestaltet werden könnte. Ihr Vorschlag: Den gegenwärtigen verbrauchsabhängigen Stufentarif durch einen Tarif ersetzen, der nach dem individuellen Wohlstandsniveau differenziert wird. Die Ideen wurden in Zusammenarbeit mit der nationalen Regulierungsbehörde entwickelt. Ob sie Anstöße für Veränderungen sein werden, wird sich in den nächsten Jahren zeigen.

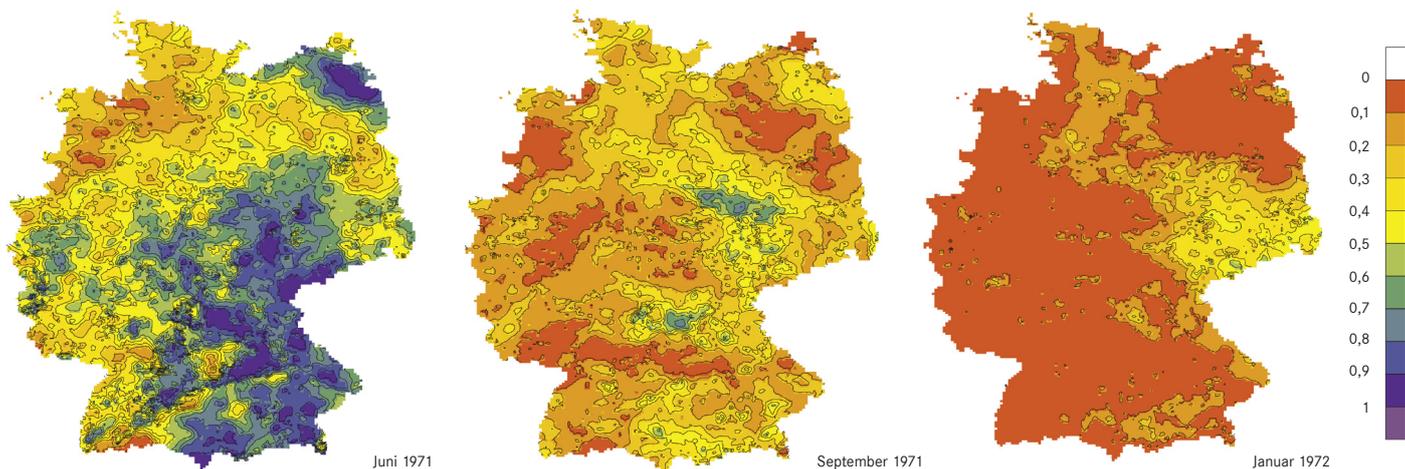
## Umgang mit Extremereignissen

Meteorologische Extremereignisse spielen bei der Wahrnehmung des Klimawandels in der Gesellschaft eine wichtige Rolle, da sie mit großen materiellen Schäden und menschlichem Leid verbunden sind. Doch nach wie vor ist es schwierig, sichere Trends bei Extremereignissen zu bestimmen oder statistisch fundierte Aussagen zu treffen, da solche Ereignisse vergleichsweise selten sind. Genaue Beobachtungsdaten von Extremereignissen über lange Zeiträume und Studien dieser Daten seien zur Erfassung von Veränderungen nötig, insbesondere in Entwicklungsländern, fasst der IPCC-Sonderbericht „Management des Risikos von Extremereignissen und Katastrophen zur Förderung der Anpassung an den Klimawandel“ (SREX) Ende 2011 zusammen. Dabei wird differenziert: „So haben Hitzewellen, Starkregenereignisse oder extreme Küstenhochwasser sehr wahrscheinlich zugenommen, Sturmtiefs der mittleren Breiten haben sich wahrscheinlich polwärts verlagert. Geringeres Vertrauen besteht in Aussagen zu Änderungen von Dürren, Fluten oder kleinräumigen Wetterphänomenen wie Tornados oder Hagel. Es gibt Hinweise dafür, dass einige der beobachteten Änderungen durch den Klimawandel beeinflusst sind.“

### Extreme Trockenheit

UFZ-Forscher haben ein hydrologisches Modell – gefüttert mit Wetterdaten von 1950 bis 2010 – für ganz Deutschland entwickelt, mit dem sie in Zukunft Dürren oder auch drohen-

Die drei Bilder zeigen einen Ausschnitt der Dürreentwicklung in Deutschland Anfang der 1970er Jahre. Immer mehr Landesteile litten mit einem Bodenfeuchte-Index (SMI)  $\leq 0,2$  unter extremer Trockenheit. Grafik: Luis Samaniego/UFZ



de Überschwemmungen vorhersagen wollen. Entscheidende Größe im Modell ist die Bodenfeuchte, die wiederum von zahlreichen anderen Faktoren abhängt. Neben der Temperatur und der Niederschlagsmenge sind es u.a. die Bodenbeschaffenheit, die Topographie und die Vegetation, die entscheiden, ob Niederschläge in den Boden einsickern, oberflächlich abfließen oder verdunsten. Um das Modell zu testen, haben es die Wissenschaftler für den Zeitraum 1950 bis 2010 laufen lassen. Die errechneten Trockenperioden stimmten sehr gut mit den tatsächlichen Dürren überein. Die längste Trockenphase in Deutschland dauerte Anfang der 1970er Jahre fast drei Jahre. Die intensivsten Trockenperioden herrschten im Sommer 2003 und im Winter 1952/53. Die umfangreichste Trockenheit plagte zwei Drittel des Landes 1959/60. Dabei konnte in der Vergangenheit für Deutschland kein Trend zur Zunahme von Trockeneignissen gefunden werden.

### Hochwasser

Dass die Bodenfeuchte auch bei der Entstehung von Hochwasser eine wichtige Rolle spielt, belegten Hydrogeologen, als sie die Hochwasserereignisse von 2002 und 2013 verglichen. Dabei zeigte sich, dass das Hochwasser von 2013, das vielerorts an Saale oder Donau für neue Rekordmarken sorgte, wesentlich stärker von der Bodenfeuchte beeinflusst war als die Flutkatastrophe von 2002. Obwohl weniger Regen fiel, waren die Folgen 2013 in einigen Regionen katastrophaler, weil der gesättigte Boden weniger Wasser aufnehmen konnte als elf Jahre zuvor. Auch hier soll das hydrologische Modell künftig genauere Prognosen von extremen Fluten liefern.

In einer neuen Methode zur „Ermittlung von Hochwasserwahrscheinlichkeiten“ der Deutschen Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall (DWA) steckt ebenfalls die Idee der Wissenschaftler, die Modelle durch mehr Statistik zu verbessern: Sie erweitern die Informationsbasis systematisch über die traditionelle Hochwasserstatistik hinaus, um möglichst viele Aspekte der Hochwasserentstehung zu erfassen und mit Hochwasserprozessen zu kombinieren. Dazu ziehen die Forscher auch Daten zu Niederschlägen, Abflüssen in benachbarten

Gewässern, Untersuchungen der hydrologischen Prozesse und Analysen historischer Hochwasserereignisse heran. Die neue Methode soll es möglich machen, auch bei kurzen Zeitreihen die Wahrscheinlichkeit extremer Abflüsse zuverlässiger zu bestimmen.

### Hochwasservorsorge

Dass der Blick in die Vergangenheit für Prognosen in die Zukunft und Schutzmaßnahmen allein nicht ausreicht, liegt auf der Hand, denn die Flüsse wurden im Laufe der letzten Jahrhunderte stark verändert. Von den ursprünglichen Überschwemmungsflächen an Deutschlands Flüssen ist durch den Bau von Deichen nur noch rund ein Drittel übrig geblieben, so das Fazit einer **Studie** zu ausgewählten **Ökosystemfunktionen der Flus-sauen Deutschlands**, die das UFZ im Auftrag des Bundesamtes für Naturschutz (BfN) 2013 erstellt hat. Für den technischen Hochwasserschutz in Sachsen wurden von 2002 bis 2012 rund 530 Millionen Euro ausgegeben; bis 2020 soll es insgesamt eine Milliarde Euro sein. Viele Städte in Sachsen und in anderen Bundesländern sind durch neue Betonmauern, Spundwände und Deiche geschützt. Diese sind wichtig, reichen allein jedoch nicht aus, da auch sie Grenzen haben und ein absoluter Schutz nicht realisierbar ist.

Ansätze zur Stärkung der Resilienz spielen deshalb eine wichtige Rolle, ist ein Resümee aus der Flut 2013, das Sozialwissenschaftler und Ökologen am UFZ gemeinsam gezogen haben. In einer **Stellungnahme** skizzierten die Forscher, was getan werden muss, um ähnliche Folgen künftig zu verringern. Die **Hochwasservorsorge** sollte sich in Deutschland an vier Eckpunkten orientieren: Technischer Hochwasserschutz für größere Siedlungen wird genauso benötigt wie mehr Raum für die Flüsse durch Rückdeichungen und Einbeziehung der Landwirtschaft. Gleichzeitig sollte die private Vorsorge dort unterstützt werden, wo der technische Hochwasserschutz bisher nicht ausreichend vor Schäden schützt. Um die verbleibenden Schäden solidarisch zu tragen, wäre eine vorsorgeorientierte Versicherungspflicht sinnvoll. Gebraucht wird ein breiter gesellschaftlicher Dialog über die Risiken, die die Gesellschaft und ihre Bürger bereit sind zu tragen, und darüber, wie die Kosten für die Hochwasservorsorge verteilt werden. Die sozialwissenschaftliche Forschung am UFZ leistet dazu einen Beitrag, in dem sie unter anderem die Rolle von Beteiligungsprozessen im Hochwasserisikomanagement untersucht. Aktuell laufen beispielsweise Befragungen in den Haushalten der Hochwassergebiete von 2013, die im EU-Projekt **emBRACE (Building Resilience Amongst Communities in Europe)** zum Gesamtbild beitragen werden.

Zu den Werkzeugen, die die Wissenschaft für die Praxis entwickelt hat, gehören auch Vorschläge für verbesserte Hochwasserrisikokarten. Im Rahmen des EU-Projektes **RISK MAP**



Hochwasser in Barby an der Elbe am 11. Juni 2013. Foto: André Künzelmann/UFZ



Foto: Andrew Kazmierski - Fotolia

auf die Gesundheit. Deshalb haben Wissenschaftler seit 2010 im Rahmen des Helmholtz-Beobachtungsnetzwerkes **TERENO** Messreihen an verschiedenen Punkten in Leipzig durchgeführt und mit Haushaltsbefragungen kombiniert. Das Interesse der Forscher galt dabei vor allem den Unterschieden zwischen verschiedenen Bebauungsformen. Die Ergebnisse zeigen, dass vor dem Hintergrund des Klimawandels die Stadtplanung besondere Aufmerksamkeit dem Schutz und der angemessenen Entwicklung von städtischen Strukturen widmen sollte. Doch auch die Alltagsgestaltung und die Arbeitswelt sollten auf Hitze als Extremsituation reagieren, etwa indem Rückzugsmöglichkeiten an kühle Orte geschaffen oder belastende Tätigkeiten in kühlere Tageszeiten verlagert werden.

**(Improving Flood Risk Maps)** nahmen die Wissenschaftler Hochwasserkarten von Ortschaften in Deutschland, Österreich und England unter die Lupe. Daraus wurden Empfehlungen erarbeitet, um lokales Wissen effektiver einzuarbeiten und die Karten für die betroffenen Bürger verständlicher zu machen. Denn solche Hochwasserrisikokarten sind ein wichtiges Mittel, damit sich die Einwohner potenzieller Überflutungsgebiete über das Risiko informieren und Schutzmaßnahmen planen können.

### Hitze in der Stadt

Verlässliche Daten gibt es zur Zunahme von Hitzewellen und trockenen Tagen sowie deren Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit. Hitzebelastung ist – zusammen mit Starkregen, Hochwasser oder Stürmen – ein viel diskutiertes Thema, wenn es darum geht, wie sich Städte an den Klimawandel anpassen müssen. Die globale Erwärmung hat dafür gesorgt, dass die Temperaturen in Sachsen im letzten Jahrhundert im Mittel um fast ein Grad Celsius gestiegen sind. Aber nicht nur die mittleren Temperaturen verändern sich. Während in der Vergangenheit im Schnitt sechs Hitzetage pro Jahr mit Temperaturen über 30°C in Leipzig gemessen wurden, zeigen Klimasimulationen für die Region einen mittleren Anstieg auf 16 Hitzetage bis 2060, so Daten aus dem Regionalen Klimaatlas – einem gemeinsamen Produkt der regionalen **Klimabüros in der Helmholtz-Gemeinschaft**.

Hitzewellen können im Sommer nicht nur die Lebensqualität deutlich beeinträchtigen, sondern auch die Sterberaten ansteigen lassen. Einem Bericht des European Academies Science Advisory Council (EASAC policy report 22, 2013) zufolge haben Hitzewellen in Europa seit 1980 etwa 140.000 Tote gekostet. Obwohl bekannt ist, dass Mitteleuropäer einen Großteil des Tages und der Nacht in Innenräumen verbringen, gibt es immer noch relativ wenige Studien über die Zusammenhänge zwischen Außen- und Innentemperaturen und deren Auswirkungen

**Der Klimawandel verändert den Wasserkreislauf, die Wasserverfügbarkeit und damit die Wasserversorgung weltweit. Er wirkt sich auf Extremereignisse wie Dürren, Hochwasser oder Hitze aus. Klar ist aber auch, dass der Klimawandel nur ein Faktor im globalen Wandel ist. Entscheidend ist, die komplexen Prozesse und Zusammenhänge zu erkennen und zu verstehen, um die Stellschrauben zu finden, mit denen Wasserressourcen nachhaltig, effizient und sicher gemanagt werden können. Die Gesellschaft – egal ob in Deutschland oder in Übersee – muss widerstandsfähiger gegen Extremereignisse werden. Um die Herausforderungen zu meistern, die der Klimawandel im Wasserbereich mit sich bringen wird, muss daher auf vielen „Baustellen“ gleichzeitig gearbeitet werden. Die Forschung kann hier die entscheidenden Parameter und die richtigen Akteure identifizieren sowie Lösungen anbieten.**

## UFZ-Ansprechpartner:



### → Management knapper Wasserressourcen

Prof. Ralf Merz, UFZ-Department  
Catchment Hydrology  
Telefon: +49-(0) 345-558-5201  
[www.ufz.de/index.php?de=30151](http://www.ufz.de/index.php?de=30151)



### → Integriertes Wasserressourcenmanagement

Prof. Dietrich Borchardt, UFZ-Department  
Aquatische Ökosystemanalyse  
Telefon: +49-(0) 391-810-9101  
[www.ufz.de/index.php?de=15581](http://www.ufz.de/index.php?de=15581)



### → Extremereignisse

Dr. Andreas Marx, Mitteldeutsches  
Klimabüro am UFZ  
Telefon: +49-(0)341-235-1074  
[www.ufz.de/index.php?de=19530](http://www.ufz.de/index.php?de=19530)



### → Hochwasser und Resilienz- forschung

Dr. Christian Kuhlicke, UFZ-Department  
Stadt- und Umweltsoziologie  
Telefon: +49-(0)341-235-1751  
[www.ufz.de/index.php?de=14283](http://www.ufz.de/index.php?de=14283)



### → Wirtschaftliche Aspekte des Hochwassermanagements

Prof. Dr. Reimund Schwarze,  
Department Ökonomie  
Telefon: +49-(0)341-235-1607  
[www.ufz.de/index.php?de=15992](http://www.ufz.de/index.php?de=15992)

## Kontakt UFZ-Pressestelle:

Tilo Arnhold, Susanne Hufe  
Telefon: +49-(0)341-235-1635, -1630  
[www.ufz.de/index.php?de=640](http://www.ufz.de/index.php?de=640)

## UFZ-Publikationen (Auswahl):

SAMANIEGO, L., R. KUMAR, AND M. ZINK (2012): Implications of Parameter Uncertainty on Soil Moisture Drought Analysis in Germany. *J. Hydrometeorol.*, 14, 47–68. [Top 10 Most Read JHM Articles (previous 12 months)]  
<http://journals.ametsoc.org/doi/abs/10.1175/JHM-D-12-075.1>

VIGLIONE, A. et al. (2013): Flood Frequency Hydrology: 3. Bayesian framework, *Water Resour. Res.*, 49, 1–18, DOI:10.1029/2011WR010782  
<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/2011WR010782/abstract>

SCHOLZ, M. et al. (2012): Ökosystemfunktionen von Flussauen. Analyse und Bewertung von Hochwasserretention, Nährstoffrückhalt, Kohlenstoffvorrat, Treibhausgasemissionen und Habitatfunktion. *Naturschutz und Biologische Vielfalt*, Heft 124, 258 S. ISBN 978-3-7843-4024-1  
[www.bfn.de/0401\\_pm.html?tx\\_ttnews\[tt\\_news\]=4474](http://www.bfn.de/0401_pm.html?tx_ttnews[tt_news]=4474)

KUHLICKE, C. et al. (2013): Thesenpapier "Ein 100%iger Hochwasserschutz ist nicht möglich – Wir brauchen vier Säulen einer nachhaltigen Hochwasservorsorge". Stellungnahme zum Hochwasser 2013.  
[www.ufz.de/index.php?de=31794](http://www.ufz.de/index.php?de=31794)

SCHWARZE, R. et al. (2012) Ökonomische Strategien des Naturgefahrenmanagements - Konzepte, Erfahrungen und Herausforderungen: alpine space - man & environment, vol. 14

IONESCU, D.; et al. (2012): Microbial and chemical characterization of underwater fresh water springs in the Dead Sea. *PLoS One* 7 (6), e38319  
<http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0038319>

GÜNTHER, S.; et al. (2012): Correlation of Community Dynamics and Process Parameters As a Tool for the Prediction of the Stability of Wastewater Treatment. *Environ. Sci. Technol.*, 2012, 46 (1), pp 84–92  
<http://dx.doi.org/10.1021/es2010682>

VAN AFFERDEN, M; et al. (2010) A step towards Decentralized Wastewater Management in the Lower Jordan Rift Valley. *Water Science and Technology*. 61(12): 3117-3128  
<http://dx.doi.org/10.2166/wst.2010.234>

KALBACHER, T.; et al. (2012): The IWAS-ToolBox: software coupling for an integrated water resources management. *Environ. Earth Sci.* 65 (5), 1367 - 1380  
<http://dx.doi.org/10.1007/s12665-011-1270-y>